

# Daftar Isi

<b>Tinjauan Mata Kuliah</b>	<b>vii</b>
<b>Modul 01</b>	<b>1.1</b>
Konsep Risiko dan Ketidakpastian	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	1.5
Perkembangan Konsep Pemasaran	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	1.16
Konsep Ketidakpastian	
<b>Modul 02</b>	<b>2.1</b>
Risiko dalam Perspektif Ekonomi dan Lingkungan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	2.4
Risiko dalam Perspektif Ekonomi	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	2.14
Risiko dalam Perspektif Lingkungan	
<b>Modul 03</b>	<b>3.1</b>
Risiko, Hazard dan Kerentanan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	3.5
Konsep dan Pengertian tentang Hazard dan Kerentanan	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	3.17
Keterkaitan antara Risiko, Hazard dan Kerentanan	

<b>Modul 04</b>	<b>4.1</b>
Pengukuran Risiko dan Kerentanan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	4.4
Pengukuran Risiko	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	4.16
Pengukuran Kerentanan	
<b>Modul 05</b>	<b>5.1</b>
<i>Discounting dalam Analisis Risiko Lingkungan</i>	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	5.4
Peran <i>Discounting</i> dalam Analisis Risiko Lingkungan	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	5.17
Teknik Penghitungan <i>Discounting</i>	
<b>Modul 06</b>	<b>6.1</b>
<i>Habitat Equivalency Analysis</i>	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	6.4
Konsep Dasar <i>Habitat Equivalency Analysis</i>	
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	6.18
Tahapan dan Aplikasi Penghitungan HEA	
<b>Modul 07</b>	<b>7.1</b>
Metode dan Alat Pengukuran Analisis Risiko Lingkungan	

<b>Kegiatan Belajar 1</b> Pendekatan Analisis Risiko: Kuantitatif versus Kualitatif	7.4
<b>Kegiatan Belajar 2</b> Pendekatan Alternatif: <i>Option Value</i>	7.20
<b>Modul 08</b> Analisis Kebijakan untuk Mengatasi Risiko Lingkungan	<b>8.1</b>
<b>Kegiatan Belajar 1</b> Pendekatan Analisis Kebijakan Risiko Lingkungan melalui <i>Multi Criteria</i> Analisis	8.4
<b>Kegiatan Belajar 2</b> Pendekatan Valuasi Ekonomi untuk Analisis Risiko Lingkungan	8.18
<b>Modul 09</b> Risiko Lingkungan dan Keberlanjutan	<b>9.1</b>
<b>Kegiatan Belajar 1</b> Tata Kelola Risiko Lingkungan	9.4
<b>Kegiatan Belajar 2</b> Risiko Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan	9.17

## Tinjauan Mata Kuliah

Salah satu sisi lain dari dampak pembangunan, selain manfaat yang diperoleh, adalah timbulnya risiko lingkungan yang akan berdampak luas pada berbagai aspek kehidupan manusia dan lingkungan itu sendiri. Sebagai calon lulusan Magister Studi Lingkungan, Anda diharapkan memahami bagaimana risiko lingkungan terjadi dan bagaimana dampaknya terhadap pembangunan. Anda juga diharapkan memiliki pengetahuan dasar teoritis serta aspek filosofis dan empiris terkait risiko lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Selain pemahaman pada aspek teoritis yang kuat, Anda diharapkan mampu menerapkan analisis risiko lingkungan dalam berbagai kasus dengan bekal pengetahuan yang diperoleh pada buku ini. Namun demikian, apa yang ada dalam buku ini tidak harus membatasi Anda untuk mendalami analisis risiko lingkungan yang begitu beragam. Pengetahuan risiko lingkungan diperlukan dari mulai aspek mendasar seperti konsep dan pengertiannya, instrumen-instrumen pengukuran risiko, sampai kepada konteks kebijakan mengatasi risiko lingkungan, baik pada tingkat mikro maupun makro.

Risiko lingkungan dan keberlanjutan mencakup dimensi yang sangat luas dan kompleks, dan tidak akan cukup dibahas seluruhnya melalui modul-modul yang ada dalam buku ini. Oleh karenanya, untuk memahami lebih lanjut dan lebih mendalam tentang analisis risiko dan keberlanjutan, Anda diharapkan banyak mencari sumber lain yang relevan, seperti *text book* dan jurnal-jurnal nasional maupun internasional yang bereputasi, serta sumber-sumber berbasis internet.

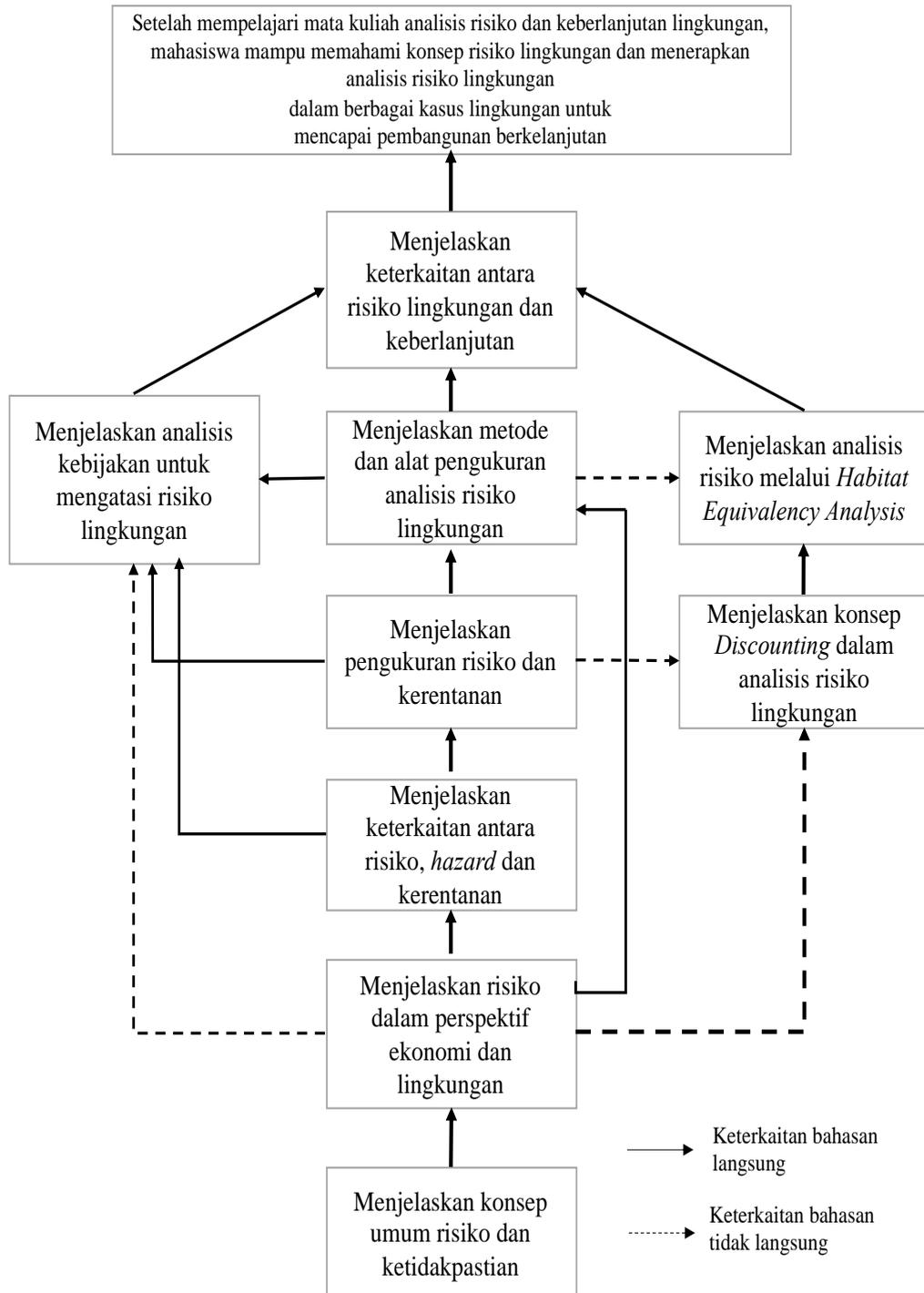
Untuk memudahkan Anda memahami secara runut risiko lingkungan dan keberlanjutan, maka Modul ini disusun dengan urutan sebagai berikut.

- Modul 1 Modul 1 berjudul Konsep Risiko dan Ketidakpastian Pada modul ini, Anda diperkenalkan dengan konsep dasar mengenai risiko dan ketidakpastian dari aspek historis, filosofis, dan empiris. Pada modul ini dikenalkan alasan mengapa diperlukan analisis risiko dan ketidakpastian, khususnya berkaitan dengan lingkungan. Modul ini juga secara khusus membahas perbedaan mendasar antara risiko dan ketidakpastian, tipologi risiko dan ketidakpastian, serta sumber-sumber timbulnya ketidakpastian.
- Modul 2 Modul 2 berjudul Risiko dalam Perspektif Ekonomi dan Lingkungan. Pembahasan dari kedua perspektif ini diperlukan karena adanya keterkaitan yang kuat antara ekonomi dan lingkungan dan risiko yang ditimbulkan akibat interaksi keduanya. Pembahasan risiko dimulai dari perspektif neoklasik hingga pendekatan ekonomi perilaku, sementara perspektif risiko lingkungan dibahas dari sisi *ex-ante* maupun *ex-post*. Dalam perspektif lingkungan dikenalkan juga beberapa pendekatan risiko lingkungan yang secara rinci kemudian akan dibahas pada modul 7.

- Modul 3 Modul 3 berjudul Risiko, *Hazard* dan Kerentanan. Modul ini secara rinci membahas interaksi antara risiko, *hazard* dan kerentanan. Setelah memahami konsep dasar risiko pada Modul 1 dan Modul 2, Modul 3 mengaitkan risiko dengan *hazard* dan kerentanan melalui berbagai macam kerangka (*framework*). Beberapa tipologi *hazard* baik tunggal maupun ganda serta komponen pembentuknya dibahas secara lebih rinci. Demikian juga halnya dengan kerentanan dimana berbagai mazhab kerentanan dikupas dalam modul ini. Modul 3 kemudian diakhiri dengan pembahasan hubungan ketiga komponen tersebut dalam kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan.
- Modul 4 Modul 4 berjudul Pengukuran Risiko dan Kerentanan. Modul ini merupakan lanjutan dari Modul 3 yang secara mendalam menyajikan tata cara pengukuran risiko dan kerentanan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pada Modul ini juga disajikan beberapa praktik pengukuran risiko dan kerentanan yang sudah digunakan sebagai acuan baik dalam bentuk indeks komposit maupun dalam bentuk metrik lainnya.
- Modul 5 Modul 5 berjudul *Discounting* dalam Analisis Risiko Lingkungan. Pada modul ini, Anda akan dikenalkan dengan konsep *discounting* yang merupakan salah satu unsur penting dalam penilaian risiko yang berkaitan dengan aspek waktu. Pada modul ini, selain dijelaskan alasan mengapa diperlukan *discounting*, Anda juga akan dibekali pengetahuan tentang tata cara melakukan *discounting* untuk penilaian kerusakan lingkungan. Pengetahuan tentang *discounting* ini akan digunakan kelak pada Modul 6, ketika kita membahas penilaian risiko melalui metode *Habitat Equivalency Analysis* (HEA).
- Modul 6 Modul 6 berjudul *Habitat Equivalency Analysis* (HEA). Modul ini merupakan lanjutan dari Modul 5 yang secara rinci membahas bagaimana melakukan perhitungan risiko kerusakan lingkungan melalui prinsip restorasi dan *discounting*. Modul ini diawali dengan memberikan teori dasar HEA dan kaitannya dengan risiko lingkungan, kemudian pada KB-2 akan diberikan contoh penggunaan HEA dalam kasus kerusakan lingkungan.
- Modul 7 Modul 7 berjudul Metode dan Alat Pengukuran Analisis Risiko Lingkungan. Modul ini berkaitan dengan Modul 4 tentang pengukuran risiko lingkungan. Pada modul ini akan dijelaskan beragam pendekatan pengukuran analisis risiko lingkungan baik secara kualitatif maupun kuantitatif seperti *Event Tree Analysis* (ETA), dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Selanjutnya pada KB-2 akan dibahas pendekatan alternatif analisis risiko lingkungan melalui *Option Value Analysis* dimana prinsip dasarnya sudah di bahas pada Modul 2.

- Modul 8 Modul 8 berjudul Analisis Kebijakan untuk Mengatasi Risiko Lingkungan. Pada modul ini, Anda akan dikenalkan dengan beberapa prinsip analisis kebijakan baik secara umum maupun yang berkaitan dengan risiko lingkungan. Kemudian akan dilanjutkan dengan penajaman salah satu pendekatan yang telah dikupas pada Modul 4 yakni pendekatan *Multi Criteria Analyis* (MCA) dengan metode TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation*). Pada KB-2 akan disajikan pendekatan valuasi ekonomi sebagai alternatif lain dalam analisis risiko lingkungan beserta contoh aplikasinya dengan pendekatan non-parametrik.
- Modul 9 Modul 9 berjudul Risiko Lingkungan dan Keberlanjutan. Modul ini merupakan sintesis akhir dari mata kuliah ini yang menggabungkan prinsip-prinsip dasar dari modul 1 sampai 8 dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Salah satu instrumen penting yang mengaitkan risiko lingkungan dan keberlanjutan adalah melalui tata kelola risiko lingkungan yang akan menjadi fokus bahasan KB-1. Pada KB-2, fokus bahasan akan diarahkan pada transmisi bagaimana risiko lingkungan berpengaruh terhadap pembangunan berkelanjutan.

**PETA KOMPETENSI**  
**Analisis Risiko dan Keberlanjutan/MSLK5203/3sks**



Untuk lebih memudahkan Anda mempelajari setiap modul dalam mata kuliah ini, Anda disarankan untuk memperhatikan hal-hal berikut ini:

1. Mempelajari setiap modul dengan baik dan penuh perhatian dengan membacanya secara berulang kali.
2. Membuat catatan rangkuman terhadap konsep dan informasi penting dalam setiap modul.
3. Mengerjakan dengan seksama setiap kegiatan latihan, tes formatif dan petunjuk lainnya dalam setiap modul serta mengevaluasi hasil belajar Anda sendiri dengan mencocokkannya pada kunci yang ada di bagian akhir setiap modul.
4. Mencatat permasalahan yang belum Anda mengerti atau kuasai di dalam modul dan mendiskusikannya dengan rekan, kelompok belajar atau tutor pada kegiatan tutorial tatap muka ataupun lewat tutorial *online*.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 01

# Konsep Risiko dan Ketidakpastian

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 01</b>	<b>1.1</b>
Konsep Risiko dan Ketidakpastian	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	1.5
Konsep Risiko	
<b>Latihan</b>	1.14
<b>Rangkuman</b>	1.14
<b>Tes Formatif 1</b>	1.15
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	1.16
Konsep Ketidakpastian	
<b>Latihan</b>	1.26
<b>Rangkuman</b>	1.26
<b>Tes Formatif 2</b>	1.26
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	1.27
<b>Daftar Pustaka</b>	1.29



## Pendahuluan

Penulis dan filsuf sejarah Romawi Gaius Plinius Secundus (dikenal dengan sebutan “*Pliny the elder*” atau *Pliny senior*), yang hidup pada tahun 23-79 Masehi pernah mengatakan “*Solum certum, nihil esse certi*”. Kalimat ini sering diartikan dalam bahasa sehari-hari sebagai “yang pasti adalah ketidakpastian”. Diktum tadi menggambarkan bagaimana risiko dan ketidakpastian merupakan dua hal yang tidak dapat dihilangkan dari kehidupan manusia. Sejak zaman purba hingga zaman sekarang manusia dihadapkan pada berbagai aspek risiko dan ketidakpastian. Nenek moyang kita menghadapi risiko dari serangan binatang buas ketika mereka berburu mencari makanan. Hal ini disebabkan karena ada ketidakpastian akan jaminan pasokan makanan yang mereka miliki. Di zaman modern saat ini kita menghadapi berbagai risiko dan ketidakpastian yang ditimbulkan dari berbagai hal yang kadang sulit dikendalikan.

Satu hal yang juga membedakan antara risiko dan ketidakpastian yang dihadapi oleh nenek moyang kita dengan yang dihadapi manusia modern saat ini adalah bahwa risiko yang dihadapi manusia modern saat ini bisa saja independen terhadap lokasi tempat tinggal. Wabah Covid-19 yang menerpa kita saat ini merupakan risiko kesehatan yang tidak terkait dengan lokasi kita berada karena penyebaran terjadi melalui udara, jaringan transportasi dan sebagainya. Bahkan virus komputer bisa menimbulkan risiko hilangnya data karena jejaring global informasi teknologi yang kita gunakan. Terkait dengan lingkungan, pencemaran sungai seperti yang terjadi di sungai Citarum atau Ciliwung atau sungai-sungai lainnya bisa saja disebabkan dari berbagai sumber di luar tempat kita berada dan tersebar melalui arus. Kerusakan di wilayah hulu bisa saja menimbulkan risiko bencana banjir dan longsor yang akan berdampak ke hilir. Demikian juga risiko perubahan iklim global bukan saja terjadi dan berdampak pada suatu wilayah, namun dapat berimplikasi pada skala global.

Modul ini akan mengenalkan konsep tentang risiko dan ketidakpastian dari berbagai perspektif, kemudian dikhususkan pada risiko dan ketidakpastian berkaitan dengan lingkungan. Pada Kegiatan Belajar 1 (KB1) Modul 1 ini, fokus bahasan akan diarahkan pada perspektif sejarah tentang analisis risiko, disusul kemudian dengan penjelasan tentang konsep dasar risiko beserta formulasinya. Beberapa definisi tentang risiko akan dijelaskan pada bagian A, sementara bagian B akan menjelaskan pentingnya analisis risiko baik dalam konteks analisis lingkungan maupun konteks yang lebih luas. Pada KB2 akan dibahas teori tentang ketidakpastian baik dari perspektif umum maupun perspektif ekonomi dan lingkungan. Kemudian akan dibahas sumber-sumber ketidakpastian dalam konteks analisis lingkungan.

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda akan memahami beberapa hal terkait dengan hal sebagai berikut.

1. Pemahaman konsep risiko dan ketidakpastian.
2. Perbedaan antara risiko dan ketidakpastian.

3. Pentingnya analisis risiko dalam konteks lingkungan.
4. Sumber-sumber ketidakpastian dalam lingkungan.

Kegiatan  
Belajar

## 1

# Konsep Risiko

## A. PERSPEKTIF HISTORIS ANALISIS RISIKO

Mengkaji suatu kejadian dan risiko yang ditimbulkan dari kejadian tersebut bukanlah hal yang baru dilakukan oleh masyarakat modern. Berdasarkan perspektif sejarah, sebagaimana ditulis oleh Covello dan Mumpower (1985), analisis risiko telah dipraktekkan oleh masyarakat Babilonia Kuno sejak tahun 3200 SM (sebelum masehi). Pada masa itu kelompok masyarakat yang disebut Asipu memiliki kemampuan untuk mengkaji keputusan yang sulit, berisiko, dan mengandung ketidakpastian terkait masalah perkawinan dan bahkan membangun bangunan. Kelompok Asipu ini melakukan asesmen dengan cermat terhadap dimensi masalah yang dihadapi, mengidentifikasi alternatif tindakan dan mengumpulkan data tentang peluang yang terjadi dari setiap alternatif tindakan yang dikaji. Di era modern saat ini, tahapan tersebut merupakan tahapan baku yang juga dilakukan oleh para pelaku analisis risiko. Pada sekitar 3000 SM masyarakat Babilonia dan Mesopotamia juga sudah mengenalkan konsep asuransi sebagai upaya menghadapi risiko gagal panen dan fluktuasi produksi hasil pertanian yang disebabkan oleh faktor-faktor bencana alam seperti banjir dan kekeringan.

Pada masa awal-awal peradaban masehi (abad ke-4 Masehi), praktek analisis risiko bermula dari kelompok rohaniawan khususnya di gereja Kristen di Afrika Utara yang dipimpin oleh Arnobious. Arnobious menggunakan teori risiko dan ketidakpastian untuk meyakinkan penyembah berhala bahwa Tuhan itu ada dan bahwa ada kehidupan baru sesudah kematian. Langkah yang dilakukan oleh Arnobius ini merupakan langkah pertama penggunaan prinsip-prinsip matematis dalam analisis risiko yang dikenal dengan *dominance principle*, yaitu prinsip sederhana dalam menghadapi keputusan yang berisiko dan mengandung ketidakpastian. Dalam *dominance principle*, dinyatakan bahwa di antara pilihan yang menghasilkan manfaat yang sama, hendaknya dipilih yang memiliki risiko yang terkecil, atau di antara pilihan yang menghasilkan risiko yang sama, hendaknya dipilih yang menghasilkan manfaat yang paling besar.

Adaptasi dan kalkulasi terhadap risiko dalam kehidupan ekonomi dan perdagangan muncul pada abad ke-12 dan abad ke-13 di Itali. Perniagaan yang dibangun dari pelayaran pada masa itu cukup banyak menghadapi risiko dan ketidakpastian dari perjalanan mereka ke berbagai tempat melalui jalur laut. Pada masa itu para pedagang

ini sudah mulai memasukkan komponen risiko dalam penghitungan untung rugi mereka dalam perniagaan. Dalam konteks ini, risiko bukan lagi dianggap sebagai “nasib” atau takdir semata, tetapi dianggap sebagai tantangan dan akan memberikan manfaat yang lebih baik jika dikelola dengan baik (Zachman, 2014). Sebagian para ahli mengatakan bahwa asal kata “risiko” berawal pada masa perniagaan di Itali ini karena risiko dalam Bahasa Itali disebut sebagai “*risico*”, “*risco*”, atau “*rischio*” yang juga berakar dari bahasa Yunani “*rhizikon*” yang digunakan sebagai metafora “sulitnya menghindari rintangan di laut”.

Pada periode pertengahan yakni sekitar abad ke-14 dan ke-15, penanganan terhadap risiko banyak dilakukan melalui intervensi pemerintah. Seperti halnya ketika terjadi “maut hitam” (*black death*) atau wabah Bubonic di Eropa pada pertengahan abad ke-13 sampai akhir abad ke-14 yang membunuh hampir 25 juta penduduk Eropa. Intervensi pemerintah untuk mengurangi risiko penyebaran virus maut tersebut dilakukan dengan menerapkan karantina atau isolasi. Demikian juga halnya dengan penanganan terhadap dampak risiko pencemaran dari aktivitas penambangan batubara di Eropa pada abad ke-13. Untuk mencegah dampak penyakit yang lebih parah, Raja Edward ke-1 dari Inggris memerintahkan untuk melarang penggunaan jenis batubara pada periode tertentu.

Analisis risiko kemudian berkembang pesat ketika Eropa mengalami abad pencerahan. Periode abad tersebut dimulai dengan Blaise Pascal yang memperkenalkan teori peluang pada tahun 1657, dan disusul oleh John Arbuthnot tentang memungkinkannya penghitungan potensi penyebab (sehingga risiko bisa dikurangi). Berbagai pemikiran tentang teori risiko dan ketidakpastian makin berkembang, kemudian bermunculan pada abad berikutnya, seperti Teori Risiko & Ketidakpastian yang dikemukakan oleh Daniel Bernoulli dan Simeon Denis Poisson. Mereka banyak meletakkan pondasi matematis dari teori peluang. Pengetahuan tentang risiko yang dikembangkan oleh Pascall dan Poisson ini kemudian banyak digunakan di London pada abad 16-17 dengan munculnya bisnis berbasis risiko yakni bisnis asuransi, khususnya asuransi pelayaran. Bisnis asuransi ini kemudian berkembang pula ke usaha lain seperti asuransi kebakaran dan asuransi jiwa yang semuanya dibangun berdasarkan analisis risiko.

Analisis risiko secara sistematis kemudian dikembangkan lebih rinci oleh Von Bortkiewicz pada abad ke-19. Bortkiewicz menggunakan data selama selang waktu 10 tahun untuk menghitung risiko kematian tentara Prusia yang disebabkan oleh tendangan kuda. Metode yang dikembangkan Bortkiewicz juga mengadopsi perkembangan teori matematika peluang yang telah dikembangkan sebelumnya oleh Pascal, Bernaulli dan Poisson.

Pada abad ke-19 ini pula analisis risiko yang berkaitan dengan pangan dan lingkungan berkembang di Eropa. Pada periode ini teknologi pangan yang dikenal dengan “*food adulteration*” yakni menambahkan bahan atau zat untuk mengawetkan atau menambah cita rasa mulai berkembang. Masalahnya timbul ketika bahan tambahan

itu berakibat pada tidak terpenuhinya standar kesehatan dan keselamatan yang menimbulkan risiko kesehatan dan lingkungan berupa pencemaran dari limbah dan sejenisnya. Menyadari risiko yang cukup besar ini, Inggris dan diikuti beberapa negara di Eropa, kemudian mengesahkan aturan perundang-undangan untuk mengendalikan risiko dari perubahan-perubahan yang dilakukan pada produk pangan (Zachamann, 2014).

Analisis risiko yang ada di abad modern saat ini mulai berkembang sejak tahun 1960-an hingga 1970-an, yang dimulai dengan kejadian meledaknya uji coba pesawat Apollo pada tahun 1967 dengan korban tiga astronot meninggal dunia. Sejak itu, badan antariksa Amerika Serikat menerbitkan *quantitative safety goals* untuk menilai risiko yang ditimbulkan oleh kegagalan peluncuran pesawat antariksa. Pengembangan analisis risiko ini kemudian diikuti oleh dokumen *Reactor Safety Study* pada tahun 1975 yang berkaitan dengan risiko yang ditimbulkan dari pembangkit listrik tenaga nuklir (Cooke, 2009).

Menurut Covello dan Mumpower (1985), analisis risiko pada era modern berakar pada dua hal. Pertama adalah teori matematika tentang peluang, dan yang kedua adalah mencari hubungan sebab akibat antara kegiatan atau aktivitas yang menyebabkan timbulnya risiko dengan dampak negatif yang ditimbulkannya. Jika pada era sebelum masehi atau abad pertengahan hubungan sebab akibat ini lebih didasarkan pada coba-coba (*trial and error*), maka pada era modern hubungan sebab akibat ini dilakukan melalui uji ilmiah yang bisa dibuktikan dan direplikasi (dilakukan pengujian ulang pada waktu dan tempat yang berbeda).

Covello dan Mumpower (1985) lebih jauh juga merinci perbedaan fundamental antara analisis risiko pada abad-abad sebelumnya dengan abad modern saat ini. Beberapa di antaranya menyangkut pergeseran berkaitan dengan peluang kejadian yang semakin mengecil yang menyebabkan turunnya risiko. Hal ini karena ditandai dengan perbaikan di bidang kesehatan, standar keselamatan dan regulasi yang ketat. Selain itu, terjadinya perbaikan dan peningkatan pengetahuan akan risiko dan dampaknya melalui uji laboratorium, pemodelan komputer dan berbagai kajian ilmiah telah secara signifikan mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan. Peningkatan peran para ilmuwan di berbagai bidang yang memahami pentingnya analisis risiko juga telah membantu menekan peluang atas risiko yang ditimbulkan dari kegiatan yang membahayakan. Selain itu peningkatan kesadaran publik (*public awareness*) dan keterlibatan pemerintah dengan mengeluarkan berbagai regulasi terhadap kegiatan yang membahayakan masyarakat telah turut membantu mengurangi risiko secara umum.

Di sisi lain, abad modern juga ditandai dengan tumbuhnya risiko-risiko baru yang mungkin tidak terjadi atau tidak dikenal pada abad-abad sebelumnya. Karakter dan besaran risiko yang ditimbulkan juga berbeda dengan masa lalu. Bencana kebocoran reaktor nuklir, perang nuklir, dan limbah radio aktif adalah beberapa di antaranya. Demikian juga dengan deplesi atau penipisan ozon yang disebabkan oleh hujan dan emisi fluorocarbon. Hal itu merupakan ancaman risiko yang bukan lagi bersifat lokal,

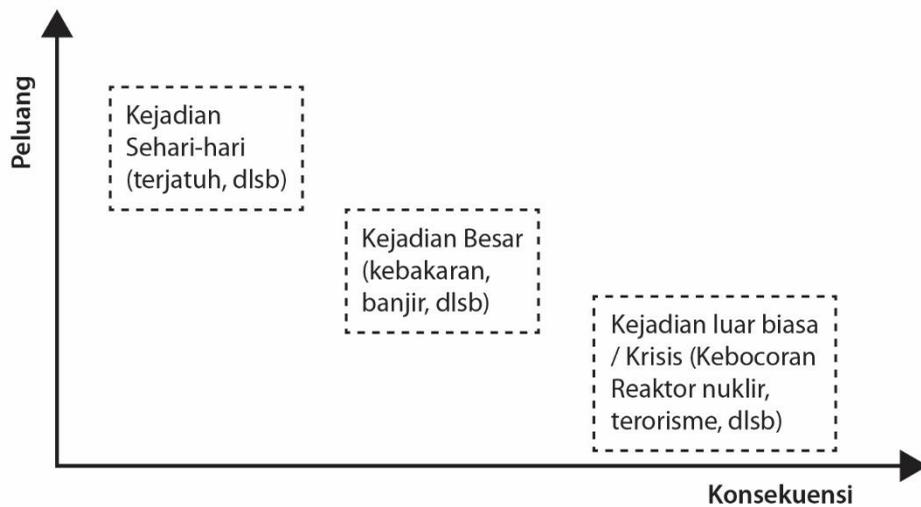
tetapi juga bersifat global yang tidak pernah terjadi pada abad-abad yang lalu. Risiko yang ditimbulkan karena meningkatnya ekonomi global dan emisi gas rumah kaca juga menimbulkan risiko pada perubahan iklim global yang bisa bersifat katastrofik dalam jangka panjang.

## B. PENGERTIAN RISIKO

Risiko merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam kehidupan manusia. Setiap tindakan dan keputusan yang dibuat seseorang atau kelompok akan mengandung risiko dalam skala kecil maupun skala yang lebih besar atau bahkan dalam skala yang disebut katastrofik. Misalnya saja ketika Anda menuruni tangga dengan tanpa melihat anak tangga, kemudian Anda terpeleset dan terluka. Hal ini merupakan contoh risiko dalam skala yang relatif kecil. Sementara itu jika suatu kawasan yang tidak terlindungi oleh hutan mangrove kemudian dihantam tsunami, maka ini menjadi risiko yang cukup katastrofik. Contoh lain misalnya, jika Anda memahami bahwa peluang tim yang Anda jagokan (misalnya klub sepak bola atau calon kepala daerah yang Anda unggulkan) relatif kecil untuk menang, namun Anda masih mau bertaruh dengan pihak lain, maka Anda akan menghadapi risiko kekalahan yang sebenarnya sudah bisa Anda antisipasi.

Ilustrasi di atas menggambarkan secara sederhana tiga konsep dasar tentang risiko. Konsep pertama, risiko diartikan sebagai “suatu kejadian yang tidak diinginkan (*an unwanted event*) yang bisa terjadi”. Contoh seseorang terpeleset di tangga seperti disampaikan di atas merupakan risiko yang didasarkan pada *unwanted event* yang terjadi. Sementara itu, pantai yang diterjang tsunami, atau Anda mengalami kecelakaan lalu lintas karena tidak disiplin berlalu lintas merupakan contoh konsep kedua tentang risiko yakni “penyebab dari kejadian yang tidak diinginkan yang bisa terjadi dan bisa juga tidak terjadi”.

Konsep ketiga tentang risiko berkaitan dengan “peluang” (*probability*). Dalam konsep ini, risiko diartikan sebagai “peluang dari suatu kejadian yang tidak diinginkan yang mungkin terjadi atau tidak terjadi”. Dalam konsep ini, “peluang” menjadi kata kunci dalam memahami konsep risiko. Seperti dicontohkan sebelumnya, Anda mengetahui peluang tim yang Anda jagokan akan kalah dalam pertandingan atau kontestasi, namun Anda tetap bertaruh sehingga menimbulkan risiko kekalahan sebagai konsekuensinya. Dengan adanya variabel “peluang” dan “konsekuensi” ini, maka konsep risiko merupakan produk yang dihasilkan antara peluang dan konsekuensi atau akibat yang ditimbulkan. Hal ini dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1.1  
Skala Risiko

Berdasarkan tiga konsep di atas, maka risiko dapat ditulis secara matematis sebagai berikut:

$$\text{Risiko} = \text{Peluang} \times \text{Dampak}$$

atau secara lebih rinci berdasarkan dimensi ukurannya, risiko dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Risiko (konsekuensi/waktu)} &= \\ \text{Peluang (kejadian/waktu)} &\times \text{Dampak (Konsekuensi/kejadian)}. \end{aligned}$$

Dengan kata lain, risiko merupakan kombinasi dari peluang dan dampak yang secara umum ditulis sebagai berikut:

$$\text{Risiko} = \{(P_1, C_1), (P_2, C_2), \dots, (P_n, C_n)\} \quad i = 1, 2, \dots, n$$

P adalah peluang dan C adalah dampak. Urutan angka 1, 2 sampai ke-n menunjukkan kejadian 1, 2 dan seterusnya sampai ke n.

Dalam konteks risiko, tentu tidak semua orang memiliki persepsi yang sama terhadap risiko. Perbedaan persepsi ini secara matematis ditunjukkan oleh koefisien pangkat dari persamaan risiko yakni:

$$\text{Risiko} = \sum_{i=1}^n p_i c_i^\gamma$$

di mana:

= peluang kejadian ke- $i$

= konsekuensi dari kejadian ke- $i$

= skala persepsi

Jadi jika nilai  $g = 1$ , maka persamaan risiko menjadi persamaan linier yang berarti bahwa risiko dipersepsikan sama untuk setiap kejadian. Jika nilai  $g > 1$  maka persamaan risiko akan menjadi persamaan nonlinier yang menunjukkan persepsi yang besar terhadap dampak yang ditimbulkan dari suatu kejadian. Misalnya bom nuklir atau tsunami dianggap memiliki dampak yang sangat besar sehingga dalam persamaan di atas nilai  $g > 1$  sehingga menghasilkan nilai risiko yang besar.

Persepsi terhadap risiko ini lebih jauh dikategorikan dalam beberapa kelompok berikut ini (Hovden, 2004). Pertama, kelompok rasionalis. Kelompok ini menganggap risiko adalah fenomena dunia nyata. Dengan demikian, risiko perlu diukur dan diduga dengan kaidah-kaidah statistika, kemudian ditentukan prioritas risikonya dengan teori keputusan, dan dikendalikan melalui manajemen berbasis sains (*scientific management*).

Kelompok kedua, mereka yang menyikapi risiko sebagai bahaya atau ancaman yang eksis dan dapat diduga (diestimasi) secara independen terlepas dari aspek sosial dan budaya yang mungkin bisa membuat bias penilaian. Kelompok ini dikenal sebagai kelompok realis. Ketiga, adalah kelompok konstruksionis. Kelompok ini memandang risiko bukan semata dari sisi risiko sebagai entitas yang berdiri sendiri, namun lebih merupakan produk dari pandangan sejarah, budaya dan politik. Di antara ketiga pandangan tersebut, pandangan keempat menempatkan kelompok “posisi tengah” (*middle position*) antara realis dan konstruksionis. Kelompok ini melihat risiko sebagai bahaya atau ancaman yang obyektif yang dimediasi melalui atau tidak dipisahkan dari proses sosial dan budaya.

Selain dari beberapa pengertian tentang risiko sebagaimana telah disebutkan di atas, Aven (2011) merinci ada sebelas kemungkinan variasi definisi risiko, namun secara umum sebagian besar definisi risiko tadi mengandung aspek peluang, kejadian dan *outcome*, dengan variasi lebih rinci dari *outcome*. Misalnya saja *outcome* yang dimaksud bisa berupa “*expected loss*” atau kerugian yang diduga terjadi, atau tingkat keparahan dari *outcome* yang terjadi.

Memahami konsep risiko juga dapat dilihat dari beberapa pertanyaan kunci (*key questions*) yang bisa dikaitkan dengan beberapa komponen risiko yang telah kita bahas di atas. Tiga pertanyaan kunci tersebut adalah:

1. Apa yang akan terjadi (*what could happen*)? Pertanyaan ini mencoba menggali mengapa sesuatu terjadi dan mengapa bisa menimbulkan risiko. Pertanyaan ini berkaitan dengan komponen kejadian atau *event*.
2. Mengapa terjadi dan seberapa sering (*why could it occurred and how often*)? Pertanyaan ini merupakan lanjutan pertanyaan pertama, setelah mengetahui apa yang akan terjadi dan kemudian terjadi, kita tanyakan pula seberapa sering hal

tersebut terjadi. Pertanyaan ini mencoba menjawab komponen peluang dari suatu kejadian dan penyebabnya.

3. Seberapa besar dampaknya pada individu dan masyarakat (*what are the consequences to society*)? Pertanyaan ini merupakan lanjutan pertanyaan pertama dan kedua untuk menganalisis dampak yang ditimbulkan dari suatu kejadian.

Identifikasi terhadap ketiga pertanyaan di atas akan membantu merekonstruksi atau menganalisis suatu risiko yang diperlukan, khususnya berkaitan dengan prinsip rasionalis dan realis.

### C. PERLUNYA ANALISIS RISIKO

Sebagaimana telah dijelaskan pada bagian A, risiko merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam pengambilan keputusan (*decision making*). Dampak risiko bukan hanya dirasakan oleh individu, tetapi juga oleh masyarakat secara luas. Jika Anda mengendarai kendaraan dengan ugal-ugalan misalnya, maka risiko kecelakaan bukan hanya merugikan Anda sendiri, tetapi juga pengguna jalan lainnya. Demikian juga jika seseorang melakukan pembabatan hutan di daerah hulu, maka risiko yang ditimbulkan berupa tanah longsor di daerah hulu dan banjir di daerah hilir akan dirasakan oleh masyarakat yang lebih luas. Oleh karenanya, selain memahami konsep risiko, penting juga memahami mengapa analisis risiko perlu dilakukan.

Aven (2008) menjelaskan bahwa analisis risiko diperlukan dalam kaitannya dengan berbagai hal. Pertama, analisis risiko diperlukan dalam konteks perencanaan yang lebih luas. Dengan melakukan analisis risiko, pengambil kebijakan dapat menentukan pilihan dari berbagai alternatif solusi permasalahan pembangunan yang dihadapi. Dalam konteks sistem perencanaan, hal ini penting dilakukan karena perencanaan menyangkut skenario ke depan dengan berbagai kemungkinan yang tidak sepenuhnya bisa diantisipasi sehingga peluang terjadinya kegagalan dalam perencanaan dapat terjadi. Peluang kegagalan ini akan meningkatkan risiko baik secara finansial, sosial maupun dimensi pembangunan lainnya.

Kedua, analisis risiko diperlukan untuk merancang alat ukur yang berkaitan dengan dampak yang ditimbulkan oleh risiko. Alat ukur ini dapat diimplementasikan dengan mempertimbangkan aspek risiko di dalamnya. Dengan demikian, alat ukur ini bukan hanya mengukur aspek positif dari suatu perencanaan atau program, tetapi juga aspek negatif dari risiko yang ditimbulkan. Ketiga, analisis risiko diperlukan untuk merancang solusi dan kebijakan terkait dengan pencegahan dan persiapan dalam menghadapi risiko. Prinsip ketiga ini didasarkan pada prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*) sehingga dampak negatif yang ditimbulkan oleh suatu kebijakan atau program dapat lebih diantisipasi sejak awal.

Dalam konteks lingkungan, analisis risiko diperlukan untuk menghindari terjadinya dampak lingkungan pada kesehatan manusia yang akan berimplikasi pada biaya sosial berupa biaya kesehatan yang meningkat. Dengan diketahuinya risiko lingkungan terhadap kesehatan, maka pencegahan dan tindakan pengendalian dapat dilakukan untuk mengurangi biaya kesehatan. Dampak kesehatan juga akan berimplikasi pada kesejahteraan manusia karena terganggunya aktivitas kehidupan yang berimplikasi pada penurunan pendapatan dan manfaat ekonomi lainnya.

Dari sisi sumber daya alam dan lingkungannya sendiri, analisis risiko diperlukan untuk meyakinkan ekosistem yang sehat sehingga dapat memberikan layanan barang dan jasa bagi kebutuhan manusia dan menjamin keberlanjutan jejaring dalam ekosistem itu sendiri. Misalnya saja fungsi mangsa dan pemangsa merupakan jejaring ekosistem yang terjadi dalam alam untuk menjaga keseimbangan ekosistem alam. Kehilangan salah satu komponen tersebut bisa saja kemudian memutus rantai makanan dari fauna yang akan berimplikasi cukup serius pada keberlanjutan ekosistem.

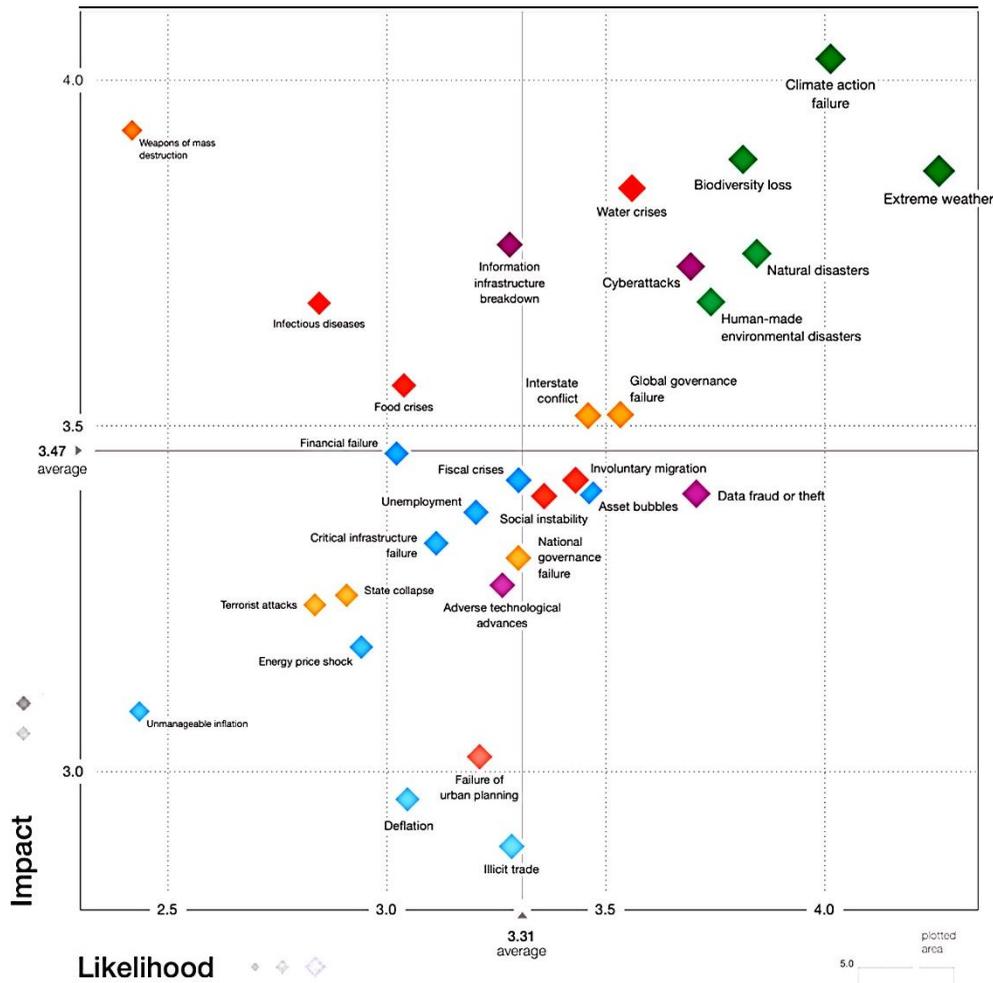
Dengan melakukan analisis risiko, kita akan mampu untuk memperoleh gambaran tentang risiko secara menyeluruh. Selain itu, analisis risiko juga memungkinkan kita untuk mengidentifikasi faktor-faktor, kondisi dalam suatu sistem atau komponen, dan berbagai variabel penting lainnya yang berkaitan dengan risiko. Analisis risiko juga memungkinkan kita untuk membandingkan dampak dari berbagai kebijakan yang dapat diterapkan untuk mengurangi risiko yang ditimbulkan.

Lebih lanjut Aven (2008) menjelaskan bahwa analisis risiko dapat dilakukan pada setiap fase atau tahapan dalam suatu sistem perencanaan. Dengan kata lain, analisis risiko dapat diterapkan sejak tahap konseptual dirancangnya suatu program atau kebijakan, lalu ke tahap konstruksi dan implementasi, hingga ke tahap evaluasi kegiatan. Pada tahap awal, analisis risiko memang memiliki keterbatasan data dan informasi. Namun demikian, tahap ini memberikan fleksibilitas dengan mengembangkan berbagai alternatif atau solusi. Dengan demikian analisis risiko pada tahap perencanaan merupakan basis (dasar) untuk membandingkan berbagai alternatif.

Pada tahap implementasi, analisis risiko biasanya sudah dilengkapi dengan data yang lebih baik dan informasi yang lebih banyak. Demikian juga dengan berbagai kegagalan yang telah dialami pada tahap implementasi yang menjadi informasi berharga dalam analisis risiko. Dengan demikian pada tahap ini, analisis risiko dapat dilakukan pada hal-hal yang spesifik dengan metode yang lebih rinci. Namun demikian pilihan yang dihadapi menjadi terbatas. Oleh karenanya menurut Aven (2008), analisis risiko memang lebih banyak manfaatnya jika dilakukan pada tahap perencanaan.

Selain dari beberapa faktor di atas, analisis risiko semakin diperlukan saat ini karena berkaitan dengan konteks yang lebih luas lagi yakni konteks global. Menurut laporan *World Economic Forum* 2020, dari berbagai komponen risiko yang diidentifikasi dari survei global, lima di antaranya berkaitan dengan lingkungan dan kelimanya merupakan risiko yang dipersepsikan memiliki peluang dan dampak yang besar. Kelima risiko lingkungan tersebut adalah kegagalan dalam menangani perubahan iklim, cuaca

ekstrim, kehilangan keanekaragaman hayati, bencana alam dan bencana lingkungan yang disebabkan oleh ulah manusia sebagaimana terlihat pada Gambar 1.2.



Sumber: World Economic Forum (2020)

Gambar 1.2  
Pemetaan Risiko Global 2020

Kegagalan dalam menangani dampak perubahan iklim tentu akan sangat berimplikasi pada bencana iklim yang lebih besar yang akan berdampak pula pada kehidupan manusia. Oleh karenanya, kerja sama global dalam menangani dampak perubahan iklim menjadi platform bersama dari semua negara dan dikomandoi oleh IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Demikian halnya dengan hilangnya keanekaragaman hayati. Rusaknya keanekaragaman hayati bisa menimbulkan dampak yang *irreversible* (tidak bisa dipulihkan) dan juga dampak yang cukup besar pada kesejahteraan masyarakat, ekonomi dan kesehatan. Sebagian masyarakat yang tinggal di daerah hutan misalnya banyak menggantungkan

kehidupannya dari sumber keanekaragaman hayati hutan. Hilangnya keanekaragaman hayati ini akan meningkatkan risiko dan kerentanan kehidupan mereka. Keanekaragaman hayati juga merupakan salah satu sumber dari obat-obatan yang dibutuhkan untuk menunjang kesehatan dan kesejahteraan manusia. Hilangnya keanekaragaman hayati tentu saja akan meningkatkan risiko berkurangnya bahan baku untuk kesehatan dan obat-obatan yang dibutuhkan masyarakat.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa yang dimaksud dengan risiko?
- 2) Apa saja pertanyaan kunci dalam memahami risiko?
- 3) Mengapa diperlukan analisis risiko?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Anda perlu mencermati bagian A dari modul ini dan fokus pada dua konsep utama risiko.
- 2) Perhatikan dengan seksama, tiga pertanyaan kunci pada bagian B.
- 3) Pelajari dengan seksama, alasan yang dikemukakan oleh Aven (2008).



### Rangkuman

Risiko merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia baik pada tatanan individu maupun bermasyarakat. Keterkaitan risiko antara manusia dan lingkungan berhubungan dengan pengambilan keputusan yang timbal balik antara tindakan atau keputusan manusia dan dampaknya terhadap lingkungan. Analisis risiko telah berkembang sejak jaman peradaban kuno hingga saat ini dengan berbagai dimensi kompleksitas yang dihadapi baik berkaitan dengan kesehatan, keamanan, maupun dampaknya terhadap kesejahteraan. Pemahaman terhadap risiko sangat penting, bukan hanya untuk mengurangi kerugian yang diderita oleh individu ataupun masyarakat, namun juga untuk meningkatkan manfaat, khususnya yang dihasilkan dari sumber daya alam dan lingkungan. Urgensi pemahaman terhadap risiko juga bukan hanya pada tingkat individu, lokal, dan nasional, tetapi juga berkaitan dengan konteks yang lebih luas yakni konteks global karena ada interaksi yang tidak bisa diabaikan dari tindakan atau kegiatan pada level lokal maupun nasional terhadap tatanan global.



## Tes Formatif 1

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *dominance principle* dalam konteks risiko!
- 2) Jelaskan beberapa perbedaan antara analisis risiko era pra-modern dengan era modern!
- 3) Sebutkan dua akar utama analisis risiko pada era modern!
- 4) Jelaskan perbedaan sikap terhadap risiko menurut klasifikasi Hovden (2004)!
- 5) Jelaskan mengapa analisis risiko diperlukan untuk lingkungan!

# Konsep Ketidakpastian

## A. PENDAHULUAN

Sebagaimana telah disampaikan pada pendahuluan modul ini, ketidakpastian berakar dari semua aspek kehidupan yang kita jalani dan akan berimplikasi pada pilihan maupun keputusan yang akan kita lakukan. Ketidakpastian bisa terjadi baik secara internal maupun eksternal. Ketidakpastian juga bisa ditimbulkan dalam proses pengambilan keputusan itu sendiri baik dari sisi informasi yang kita peroleh maupun analisis yang kita lakukan. Dalam konteks lingkungan, kepastian bisa juga ditimbulkan karena sifat dari alam yang berada di luar pengetahuan kita dan bisa bersifat sangat acak.

Pada Kegiatan Belajar 2 (KB-2) ini akan dibahas secara lebih rinci mengenai konsep ketidakpastian yang dimulai dari perbedaan mendasar antara risiko dan ketidakpastian, dilanjutkan dengan pengertian ketidakpastian dari berbagai perspektif. Pada KB-2 ini, juga akan dibahas secara lebih rinci sumber-sumber ketidakpastian baik dalam konteks yang lebih umum maupun yang lebih khusus terkait dengan lingkungan.

## B. PERBEDAAN ANTARA RISIKO DAN KETIDAKPASTIAN

Risiko dan ketidakpastian merupakan dua hal yang saling berkaitan sebagaimana konsep awal yang dikembangkan oleh Knight pada tahun 1921 (Wakeham, 2015). Namun secara prinsip, ada yang membedakan di antara keduanya seperti yang dijelaskan secara rinci oleh Toma *et al.* (2012). Sebagaimana telah dibahas pada KB-1, risiko berkaitan dengan situasi ketika peluang bisa diidentifikasi untuk setiap konsekuensi. Namun tidak demikian halnya dengan ketidakpastian. Ketidakpastian merujuk pada situasi ketika keterkaitan antara informasi dan peluang tidak sepenuhnya diketahui. Dengan kata lain, ketika informasi yang dibutuhkan untuk mengantisipasi atau memahami perubahan, tidak cukup atau tidak tersedia, maka kita dihadapkan pada ketidakpastian. Jadi satu hal yang membedakan dengan jelas antara risiko dan ketidakpastian adalah peluang.

Wakeham (2015) menambahkan bahwa perbedaan antara risiko dan ketidakpastian berkaitan dengan *outcome* atau capaian yang ingin dicapai. Risiko berkaitan dengan potensi *outcome* yang bisa diketahui sebelumnya (melalui peluang) dan *outcome* ini kebanyakan dipersepsikan sebagai *outcome* yang negatif. Sementara

itu ketidakpastian mengacu pada situasi ketika *outcome* yang ingin dicapai belum atau tidak diketahui dengan jelas. Dengan kata lain risiko lebih fokus pada potensi *outcome* negatif yang diketahui, sedangkan ketidakpastian mengacu pada faktor-faktor yang tidak diketahui yang secara lebih luas akan mempengaruhi tindakan dan *outcome* yang dicapai. Dengan memahami potensi *outcome* tersebut, maka secara teori, risiko dapat dihitung, namun tidak demikian dengan ketidakpastian. Selain itu, risiko berkonotasi dengan *outcome* yang negatif sedangkan ketidakpastian lebih berkonotasi netral. Artinya, faktor-faktor yang tidak diketahui bisa berpengaruh positif atau negatif terhadap tindakan dan *outcome* yang dihasilkan.

Tabel 1.1 menyajikan perbedaan antara risiko, ketidakpastian, dan *ignorance* (akan dibahas lebih rinci pada bagian konsep) dan kaitannya dengan tindakan yang dianjurkan.

Tabel 1.1.  
Perbedaan Antara Risiko, Ketidakpastian, dan *Ignorance*

Konsep	Aspek pengetahuan	Tindakan yang dianjurkan
<b>Ketidakpastian</b>	Dampak diketahui Peluang tidak diketahui	<i>Precautionary Action</i> (Prinsip-prinsip kehati-hatian)
<b>Risiko</b>	Dampak diketahui Peluang diketahui	<i>Prevention</i> (Prinsip pencegahan)
<b><i>Ignorance</i></b>	Dampak tidak diketahui Peluang tidak diketahui	<i>Precaution</i> (hati-hati)

Hampir sama dengan perbedaan risiko dan ketidakpastian yang disampaikan Wakeham (2015), Surbhi (2017) juga menyampaikan bahwa *outcome* menjadi salah satu unsur pembeda antara risiko dan ketidakpastian. Namun Surbhi (2017) merinci beberapa komponen lain yang membedakan keduanya. Misalnya saja dari aspek kendali. Risiko lebih mudah dikendalikan jika instrumen kendali yang sesuai seperti regulasi atau insentif/disinsentif dapat diterapkan, sementara itu instrumen kendali sulit diterapkan dalam situasi ketidakpastian. Demikian juga halnya dengan penentuan tingkat kepastian (*ascertain*). Dalam risiko, proses ini bisa diukur sementara dalam ketidakpastian tidak bisa dilakukan.

Faktor lain yang membedakan adalah berkaitan dengan apakah minimisasi risiko dapat dilakukan atau tidak. Dalam konteks risiko, minimisasi dapat dilakukan misalnya dengan menerapkan prinsip kehati-hatian (*precautionary principles*), sementara prinsip ini tidak dapat diterapkan pada ketidakpastian. Tabel 2 menyajikan perbedaan antara risiko dan ketidakpastian menurut Shurbi (2017).

Tabel 1.2.  
Perbedaan Risiko dan Ketidakpastian Versi Shurbi (2017)

Dasar Perbandingan	Risiko	Ketidakpastian
Penentuan kepastian ( <i>Ascertain</i> ) <i>Outcome</i>	Dapat diukur	Tidak dapat diukur
Kendali ( <i>Control</i> )	Peluang <i>outcome</i> dapat diketahui	<i>Outcome</i> tidak dapat diketahui
Minimisasi Peluang	<i>Controllable</i> (dapat dikendalikan)	<i>Uncontrollable</i> (tidak dapat dikendalikan)
	Ya	Tidak
	Dapat ditetapkan ( <i>Assigned</i> )	Tidak dapat ditetapkan ( <i>Not assigned</i> )

Sumber: Shurbi (2017)

### C. DEFINISI KETIDAKPASTIAN

Sebagaimana dijelaskan di atas, ketidakpastian berkaitan dengan keterbatasan informasi dan pengetahuan. Hal ini diperkuat oleh Cardenas dan Halman (2016) yang mendefinisikan ketidakpastian sebagai “tidak dimilikinya pengetahuan yang dibutuhkan untuk secara tepat menggambarkan suatu kejadian dan karakteristiknya” (Bodde *et al.*, 2018). Keterbatasan pengetahuan ini tentu bisa bersifat subyektif dan obyektif. Oleh karena itu, dalam konsep ketidakpastian dikenal juga terminologi ketidakpastian subyektif dan ketidakpastian obyektif (Tannert *et al.*, 2017).

Wakeham (2015) kemudian menjelaskan lebih rinci kedua konsep tersebut. Ketidakpastian subyektif terjadi ketika seseorang mengalami ketidakpastian, yaitu ketika peristiwa yang terjadi atau bukti yang terjadi mungkin berlawanan dengan keyakinan yang dimiliki sehingga menimbulkan keraguan. Dengan kata lain ketidakpastian ini bersifat kognitif dan emosional. Konsep ini banyak digunakan dalam ranah ilmu sosial atau ilmu psikologi.

Ketidakpastian obyektif dibangun dengan asumsi bahwa seseorang memiliki pengetahuan dalam derajat tertentu tentang apa yang terjadi di sekitarnya. Ketidakpastian dalam hal ini bukan berarti sesuatu yang diabaikan tetapi lebih karena kita hidup di dunia yang cukup kompleks sehingga tidak mampu untuk mengetahui segala sesuatu secara lebih rinci. Kompleksitas masalah yang dihadapi, sifat dari situasi yang cukup acak, atau keterbatasan akses terhadap informasi menyebabkan timbulnya ketidakpastian. Konsep ketidakpastian obyektif ini lebih banyak dikenal di ranah penelitian atau ilmu eksakta yang membutuhkan pengujian dan percobaan.

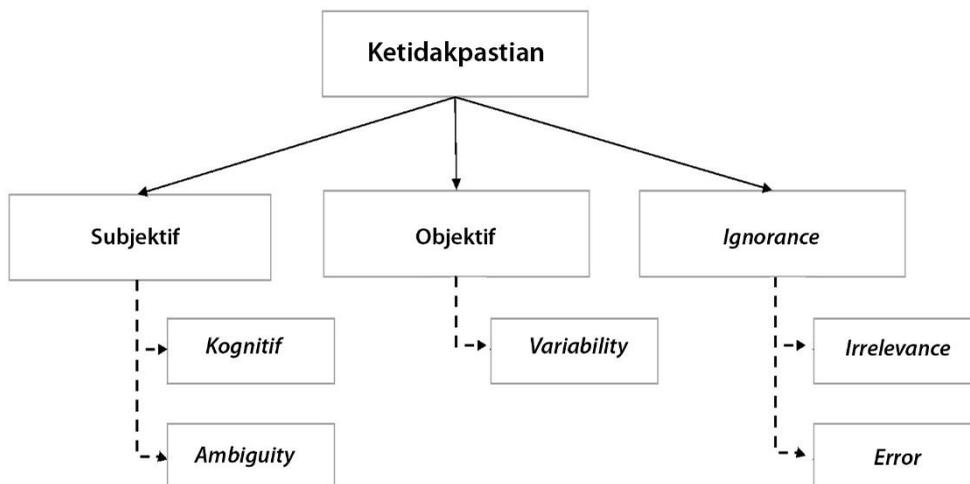
Terminologi ketidakpastian lainnya yang juga hampir mirip dengan *subjective* dan *objective uncertainty* adalah ketidakpastian kognitif (*cognitive uncertainty*) dan ketidakpastian kerberagaman (*variability uncertainty*) (Samsami *et al.*, 2015). Ketidakpastian kognitif hampir sepemahaman dengan ketidakpastian subyektif yang ditimbulkan oleh keterbatasan informasi dan ketiadaan data dan kompleksitas sistem. Ketidakpastian ini tentu bisa dikurangi dengan penciptaan pengetahuan, penelitian dan

pembelajaran. Ketidakpastian variabilitas berkaitan dengan keragaan substansi dari sistem yang dipelajari. Dalam konteks lingkungan misalnya keacakan dari sistem alam (*randomness of nature*) dan dinamika alam dan lingkungan, akan menimbulkan *variability uncertainty*.

Konsep lain yang berkaitan dengan ketidakpastian di antaranya adalah *ambiguity* (ketidakjelasan) dan *ignorance* (ketidakpedulian). Situasi atau masalah yang bersifat *ambigu* (tidak jelas) cenderung menimbulkan multi interpretasi terhadap situasi dan masalah tersebut. Ketidakjelasan yang berulang-ulang ini kemudian bisa dikategorikan sebagai ketidakpastian. Oleh karena *ambiguity* dipersepsikan sebagai fenomena subyektif, maka dalam kaitannya dengan ketidakpastian, hal ini berhubungan dengan ketidakpastian yang bersifat subyektif.

Dalam kaitannya dengan konsep *ignorance* (ketidakpedulian), ketidakpastian berkaitan dengan aspek informasi dan pengetahuan. Ketidakpedulian merupakan situasi ketidaktahuan yang lebih luas yang bisa bersifat produktif atau destruktif. Ketidakpedulian berkaitan erat dengan ketidakrelevanan (*irrelevance*) dan kesalahan (*error*). Sesuatu yang tidak relevan tidak perlu dipertimbangkan, sedangkan kesalahan merupakan distorsi dari ketidakakuratan atau ketidaklengkapan informasi. Produk keduanya ini bisa menghasilkan ketidakpastian. Dalam kaitan tersebut, Wakeham (2015) kemudian mengkategorikan ketidakpastian sebagai bagian dari ketidakpedulian.

Gambar 1.3 berikut menyajikan sistematika ketidakpastian seperti dijelaskan di atas. Gambar 1.3 yang memperlihatkan garis-garis putus menandakan kesamaan atau analogi dalam kelompok yang sama. Misalnya saja ketidakpastian kognitif memiliki kesamaan atau kedekatan dengan ketidakpastian subjektif. Khusus untuk *ignorance* (ketidakpedulian), ketidakrelevanan (*irrelevance*) dan kesalahan (*error*) merupakan bagian dari ketidakpastian dalam kategori *ignorance*.



Gambar 1.3.  
Klasifikasi Ketidakpastian

Selain dari perbedaan berdasarkan tingkat informasi, peluang dan kompleksitas sistem seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ketidakpastian juga bisa dilihat dari tingkatannya sebagaimana disampaikan oleh Walker *et al.* (2003).

1. Kepastian (*certainty*) yakni kondisi ideal ketika kita dapat mengetahui hampir semuanya.
2. Ketidakpastian statistik (*statistical uncertainty*). Dalam hal ini ketidakpastian dijabarkan melalui terminologi statistik yaitu ketika hubungan fungsional antarvariabel dalam sistem, relatif tersedia.
3. Ketidakpastian skenario (*scenario uncertainty*). Dalam konteks ini, ketidakpastian didasarkan pada skenario yang dikembangkan untuk pengembangan suatu sistem. Misalnya saja dalam sistem ekonomi, kita bisa membangun skenario pertumbuhan ekonomi optimis, pesimis dan moderat. Semua ini akan mengandung unsur ketidakpastian di dalamnya.
4. Ketidakpedulian yang diakui (*recognized ignorance*), yakni ketidakpastian karena ketidaktahuan mekanisme dan hubungan antarkomponen di dalam sistem.
5. Ketidakpedulian total (*total ignorance*), yakni tingkat ketidakpastian yang paling dalam ketika kita menghadapi situasi “kita tidak tahu bahwa kita tidak tahu”.

Pengelompokan tingkat ketidakpastian juga ditemukan pada Courtney *et al* (1997) yang membagi tingkat ketidakpastian ke dalam empat tingkatan.

1. Tingkatan pertama (*first level*) sejalan dengan ketidakpastian yang rendah dan dikaitkan dengan kejelasan masa depan. Pengambil kebijakan dapat melakukan prediksi relatif lebih tepat dan dapat mengembangkan strategi menurut prediksi yang dilakukan.
2. Tingkatan kedua (*second level*) yang berkaitan dengan masa depan yang berubah-ubah (*alternate future*). Pada tingkat ini konsekuensi dari suatu kejadian tidak bisa diidentifikasi, sehingga sulit untuk memprediksi masa depan. Namun demikian, peluang terjadinya kejadian masih bisa diduga sampai derajat tertentu.
3. Tingkatan ketiga (*third level*). Pada tingkatan ini kisaran potensi masa depan yang akan terjadi sudah bisa diidentifikasi, namun tidak ada skenario spesifik yang dikembangkan.
4. Tingkatan keempat (*fourth level*). Tingkatan ini sering juga disebut sebagai “*true ambiguity*” atau ambiguitas murni. Pada tingkatan ini terdapat banyak faktor yang menentukan ketidakpastian sehingga potensi dampak dan skenario yang akan dikembangkan juga sulit diidentifikasi.

Dari berbagai penjelasan di atas, dapat dikatakan bahwa ketidakpastian memiliki pemahaman multidimensi karena melibatkan berbagai faktor yang kompleks dan pengetahuan (*knowledge*) yang tidak sepenuhnya dimiliki.

#### D. KETIDAKPASTIAN DALAM EKONOMI DAN LINGKUNGAN

Dalam hal ketidakpastian, interaksi antara ekonomi dan lingkungan tidak bisa dipisahkan. Pertama, sebagaimana telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, ketidakpastian melibatkan pengambilan keputusan. Sebagian pengambilan keputusan ini melibatkan aspek ekonomi berkaitan dengan manfaat dan biaya yang ditimbulkan. Ketika keputusan berkaitan dengan ekstraksi sumber daya alam misalnya, selain memberikan manfaat dari ekstraksi tersebut, juga ada biaya yang ditimbulkan di luar biaya ekstraksi itu sendiri, yakni biaya lingkungan yang diakibatkan dari ekstraksi tersebut. Ketidakpastian pada aspek biaya dan manfaat tentu akan berimplikasi pada ketidakpastian lingkungan yang ditimbulkan. Kedua, sistem ekonomi dan lingkungan merupakan sistem yang terbuka dan bersifat timbal balik. Kegiatan ekonomi akan berdampak pada lingkungan dan sebaliknya, lingkungan yang rusak juga akan berdampak pada aktivitas ekonomi secara keseluruhan. Oleh karena itu, perlu untuk memahami aspek ketidakpastian dari kedua persepektif ini.

Meski konsep risiko dan ketidakpastian berakar dari teori matematika dan sains, barangkali dalam konteks ekonomilah teori ketidakpastian ini mendapat perhatian khusus. Hal ini disebabkan perhatian besar yang diberikan oleh ekonom yang sangat populer yakni John Maynard Keynes dari Inggris dan Frank M. Knight yang pada tahun 1920-an menerbitkan buku yang berkaitan dengan ketidakpastian dalam ekonomi. Dalam bukunya berjudul "*Treatise in Probability*" yang diterbitkan pada tahun 1921, Keynes meletakkan pondasi dasar ketidakpastian dalam ekonomi yang kemudian berkembang pada tahun 1940-1950-an. Sementara itu, pada tahun yang sama Frank Knight menulis buku berjudul "*Risk, Uncertainty and Profit*" yang meletakkan pondasi perbedaan antara risiko dan ketidakpastian, serta dampaknya terhadap keuntungan. Karya Keynes dan Knight ini menjadi rujukan klasik dalam pembahasan mengenai ketidakpastian dalam ranah ekonomi

Pemikiran tentang ketidakpastian dalam ekonomi, kemudian berkembang secara lebih dalam melalui karya Von Neumann dan Oscar Morgenstern pada tahun 1944 yang memperkenalkan konsep utilitas harapan (*expected utility*) yang bervariasi tergantung dari apakah seseorang bersikap mengambil risiko (*risk taker*), netral terhadap risiko (*risk neutral*) atau menghindari risiko (*risk averse*). Sejak itu, teori ketidakpastian berkembang pesat dalam aplikasi pada ekonomi makro, ekonomi mikro dan ekonomi perilaku yang dipelopori oleh Daniel Kahneman, pemenang Nobel Ekonomi tahun 2002. Aspek ketidakpastian ini di dalam teori ekonomi perilaku menjadi sangat penting karena membuktikan adanya inkonsistensi terkait dengan asumsi rasionalitas yang menjadi asumsi dasar dalam teori ekonomi neoklasik.

Dalam ekonomi, ketidakpastian dianggap sebagai fenomena obyektif dan juga fenomena subyektif. Dikatakan sebagai fenomena obyektif karena sebagian ketidakpastian bisa dihitung dengan mengkuantifikasi ketidakpastian melalui teori peluang atau pendekatan matematika lainnya. Namun demikian, ekonomi adalah bagian

dari ilmu sosial yang tidak terlepas dari aspek subyektivitas, yakni preferensi masyarakat yang tidak sepenuhnya bisa dikuantifikasikan. Fenomena subyektivitas ketidakpastian ini sebagian kemudian dikembangkan melalui teori utilitas harapan yang dikembangkan oleh Von Newmann dan Morgensten seperti yang telah dibahas di atas.

Perlu pula dicatat bahwa aspek ketidakpastian dalam ranah ekonomi tentu tidak terbatas pada rasionalitas semata. Sebagaimana telah dijelaskan di awal bahwa ekonomi selalu berkaitan dengan pilihan atau pengambilan keputusan sehingga ketidakpastian akan mempengaruhi dampak dari keputusan yang diambil dan akan berimplikasi terhadap berbagai aspek kehidupan, termasuk dalam konteks ini, aspek lingkungan. Keputusan ekonomi yang diambil oleh individu akan berimplikasi pada masyarakat secara keseluruhan. Oleh karena itu, ketidakpastian yang dihadapi oleh individu juga akan berdampak pada masyarakat secara luas, termasuk di dalamnya berkaitan dengan dampak lingkungan.

Dalam konteks makro, kebijakan pemerintah yang berkaitan dengan manfaat dan biaya dari kebijakan, bisa saja menimbulkan ketidakpastian dalam lingkungan sebagai akibat dari berbagai variabel biaya dan manfaat yang di dalamnya mengandung ketidakpastian. Hal ini berimplikasi pada dampak lingkungan yang lebih luas. Misalnya saja, ketidakpastian yang berkaitan dengan manfaat dan biaya dalam mengurangi dampak gas rumah kaca terhadap perubahan iklim global bisa menimbulkan ketidakpastian lingkungan dalam jangka panjang. Demikian juga halnya dengan kebijakan ekonomi lainnya seperti instrumen fiskal (pajak dan subsidi) yang di dalamnya mengandung ketidakpastian sehingga akan berimplikasi pada lingkungan.

Dari sisi lingkungan itu sendiri, perlu dipahami bahwa tidak semua kerusakan yang terjadi pada lingkungan dapat dipulihkan kembali (*irreversible*). Dengan kata lain, sekali lingkungan mengalami kerusakan maka akan sangat sulit atau bahkan tidak mungkin dipulihkan kembali. Kalaupun pulih mungkin memerlukan waktu yang sangat lama hingga ratusan atau bahkan ribuan tahun. Dalam konteks inilah ketidakpastian menjadi penting karena kita tidak tahu bagaimana alam dan lingkungan berubah di masa mendatang sehingga bisa menimbulkan biaya yang cukup besar bagi masyarakat. Dalam ranah ekonomi lingkungan, kondisi ini ditangkap melalui konsep yang disebut *option value* yang menggambarkan nilai-nilai pilihan yang mengandung ketidakpastian dari lingkungan. Dengan kata lain, jika nilai lingkungan bagi generasi yang akan datang tidak pasti dan bersifat *irreversible*, maka manfaat yang kita peroleh dengan melakukan perlindungan saat ini dihitung sebagai nilai pilihan atau *option value* dari lingkungan (Pindyck, 2006).

Pindyck (2006) menyatakan bahwa ketidakpulihan ini (*irreversibility*) hanya menjadi penting ketika ada ketidakpastian. Artinya, ketidakpastian menjadi prasyarat terjadinya ketidakpulihan. Hal ini bisa dijelaskan dengan ilustrasi berikut. Jika dimisalkan kita dapat mengetahui dengan pasti (tidak ada ketidakpastian) bagaimana pemanfaatan suatu kawasan alami di suatu wilayah, dan dengan memperhitungkan analisis biaya dan manfaat, kita juga dapat mengetahui dengan pasti jenis peruntukan

kawasan yang paling menguntungkan, maka tidak akan ada penyesalan dan tidak perlu melakukan perubahan keputusan. Jika kita yakin bahwa dalam beberapa tahun ke depan kawasan tersebut lebih menguntungkan untuk pengembangan pemukiman atau komersial, maka kita tidak perlu menyesali jika kemudian kita kehilangan alam yang segar dan air yang bersih. Di sisi lain, jika kita juga yakin dan pasti bahwa manfaat kawasan tersebut dibiarkan sebagai taman wisata alam misalnya, maka kita juga tidak perlu menyesali atas kemungkinan hilangnya manfaat ekonomi dari komersial dan pemanfaatan lainnya. Jadi karena asumsi yang dibangun adalah kepastian, maka *irreversibility* dalam hal ini menjadi tidak relevan lagi.

Faktor lain yang juga penting dalam memahami ketidakpastian dalam lingkungan adalah ketidaklengkapan informasi berkaitan dengan distribusi dan eksistensi komponen lingkungan atau ekosistem itu sendiri. Kita misalnya tidak tahu persis bagaimana distribusi jenis flora dan fauna tertentu di suatu kawasan dan bagaimana keberadaannya dari waktu ke waktu, apakah bertambah, berkurang atau tetap. Ketidaklengkapan ini tentu akan menambah ketidakpastian lingkungan dalam suatu ekosistem.

Selain dari faktor ketidapulihan (*irreversibility*) dan ketidaklengkapan informasi ekosistem, ketidakpastian dalam lingkungan juga berkaitan dengan keterbatasan informasi mengenai dampak ekonomi terhadap perubahan yang terjadi pada lingkungan. Dalam konteks ini, skala perubahan yang terjadi adalah seberapa besar keterkaitan antara lingkungan dan kesejahteraan (*wellbeing*), serta nilai ekonomi yang tidak terpasarkan yang dihasilkan dari jasa lingkungan.

## E. SUMBER-SUMBER KETIDAKPASTIAN DALAM LINGKUNGAN

Pada bagian sebelumnya telah dijelaskan bahwa ketidakpastian cukup berdampak serius terhadap lingkungan baik dalam skala mikro maupun skala makro. Sumber ketidakpastian yang telah kita bahas juga lebih terfokus pada keputusan ekonomi yang diambil oleh individu, masyarakat dan pemerintah secara umum. Namun demikian, dalam konteks lingkungan, sumber ketidakpastian ini bisa saja tidak selalu berasal dari keputusan ekonomi. Sumber ketidakpastian juga bisa berasal dari keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan lingkungan itu sendiri (*environmental decision-making process*).

Maier dan Ascough (2006) menyatakan bahwa ada tiga kategori sumber ketidakpastian dalam pengelolaan lingkungan, yakni aspek data, model dan aspek manusia (*human*). Sumber ketidakpastian dari kategori data bisa berasal dari kesalahan dalam pengukuran (*measurement error*), jenis data, lamanya data diproses, dan bagaimana data tersebut disajikan. Kesalahan dalam pengukuran yang disebabkan oleh kesalahan dalam kalibrasi instrumen misalnya, bisa juga menjadi sumber ketidakpastian dalam lingkungan.

Pengelolaan dan pengambilan keputusan dalam hal lingkungan merupakan proses yang kompleks karena menyangkut berbagai aspek baik dari sisi sumber daya alam dan lingkungan itu sendiri maupun aspek di luar lingkungan seperti ekonomi, sosial dan politik kelembagaan. Oleh karenanya, keputusan yang terkait persoalan lingkungan sering dilakukan melalui pemodelan (*modeling*) yang merupakan penyederhanaan pendekatan masalah lingkungan yang kompleks. Namun demikian, pemodelan ini memiliki keterbatasan karena tidak mungkin akan menggambarkan keseluruhan aspek lingkungan yang kompleks tadi. Sumber ketidakpastian dalam pemodelan ini bisa berasal dari jenis model yang digunakan, input yang digunakan, data dan berbagai komponen model lainnya.

Sumber ketidakpastian dari dimensi manusia (*human*) memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap keputusan lingkungan. Kurangnya pengetahuan tentang lingkungan atau sikap politik yang tidak berpihak pada lingkungan bisa menjadi sumber ketidakpastian terhadap lingkungan secara keseluruhan. Demikian juga halnya dengan sikap (*attitude*) pengambil kebijakan, apabila pengetahuan dan kepakaran ahli yang mengembangkan atau melakukan pemodelan lingkungan tidak sepenuhnya paham terhadap pentingnya peran sumber daya alam dan lingkungan sehingga bisa menjadi pemicu timbulnya ketidakpastian. Sebagaimana ditemukan oleh Refsgaard *et al.* (2005) bahwa hasil dari pemodelan sering berbeda secara signifikan ketika masalah yang sama dianalisis oleh pakar yang memiliki latar belakang yang berbeda. Dengan kata lain, pengetahuan, pengalaman dan preferensi pakar akan memberikan dampak yang berbeda pada hasil yang disajikan. Tabel 1.3 menyajikan secara rinci kategori dan sumber ketidakpastian berdasarkan Meir dan Ascough (2006).

Tabel 1.3  
Sumber Ketidakpastian dalam Persepektif Lingkungan

Kategori	Sumber Ketidakpastian
Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesalahan pengukuran               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Jenis instrumen pengukuran</li> <li>○ Kualitas dan frekuensi kalibrasi</li> <li>○ Pembacaan dan pencatatan data</li> <li>○ Transimisi dan penyimpanan data</li> </ul> </li> <li>• Jenis data yang dicatat</li> <li>• Periode catatan data</li> <li>• Jenis analisis data</li> <li>• Cara data disajikan</li> </ul>
Model	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemodelan yang digunakan</li> <li>• Jenis, kualitas dan ketersediaan data</li> <li>• Metode kalibrasi dan data yang digunakan</li> <li>• Metode validasi</li> <li>• Keragaman input</li> </ul>
Manusia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengetahuan, pengalaman dan kepakaran pemodelan</li> <li>• Kekuatan politik dan kepentingan <i>stakeholder</i></li> <li>• Pengetahuan, tata nilai dan sikap <i>stakeholder</i></li> </ul>

- 
- Kekuatan dan argumentasi yang disampaikan *stakeholder*
  - Tata nilai dan sikap dari pengambil keputusan
  - Kondisi politik
- 

Sumber: Maier dan Ascough (2006)

Selain dari pengelompokan sumber ketidakpastian dari aspek data, model dan manusia, sumber ketidakpastian juga bisa dikelompokkan dari aspek internal dan eksternal yang berkaitan dengan lingkungan sebagaimana dikemukakan oleh Samsami *et al.*, (2015). Berdasarkan aspek eksternal, sumber ketidakpastian berasal dari tiga sumber.

1. Sifat atau karakteristik hubungan sebab akibat antara lingkungan dan manusia. Dalam konteks ini, masalah ketidaksesuaian antara informasi yang dimiliki dan variabel yang menggambarkan sistem lingkungan, bisa menimbulkan masalah di dalam data dan analisis serta metode yang digunakan.
2. Proses yang mengarah pada penentuan aturan dan kebijakan. Aturan bisa saja menimbulkan ketidakpastian pada manusia dan masyarakat yang akan berimplikasi pada ketidakpastian ekosistem atau lingkungan. Perlu dipahami bahwa sumber ketidakpastian pada aspek yang kedua ini bukan hanya pada sisi aturan atau regulasinya, namun juga *reit* atau seberapa sering aturan tersebut berubah.
3. Tindakan yang dilakukan oleh individu atau masyarakat dalam merespon ketidakpastian lingkungan yang timbul. Tindakan tersebut akan mempengaruhi faktor eksternal lainnya dan juga persepsi dari *stakeholder* lain terhadap tindakan dari satu pihak terhadap lingkungan. Misalnya saja ketika sungai tercemar dan menimbulkan ketidakpastian sumber air sebagai bahan baku industri, maka tindakan industri menaikkan harga barang yang dihasilkan demi menutup biaya pengolahan air baku akan direspon oleh pihak lain dengan cara berbeda dan dipersepsikan sebagai ketidakpastian baru yang timbul akibat tindakan industri tersebut.

Sumber ketidakpastian internal, umumnya berasal dari pengolahan data dan informasi, sama seperti halnya yang disampaikan oleh Maier dan Ascough (2006). Pengolahan data lingkungan yang kompleks dan beragam dapat menimbulkan ketidakpastian internal dalam organisasi atau kelompok yang terdampak dari masalah lingkungan.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan perbedaan risiko dan ketidakpastian dari perspektif peluang!
- 2) Jelaskan pengertian ketidakpastian menurut Cardenas dan Halman (2016)!
- 3) Jika dalam analisis ketidakpastian lingkungan terdapat perbedaan dalam menggunakan model analisis, maka masuk dalam kategori apakah sumber ketidakpastiannya?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) *Review* dan perhatikan bagian B dari KB-2.
- 2) Perhatikan dan baca paragraf pertama bagian C dari KB-2.
- 3) Perhatikan Tabel 1.3 tentang sumber ketidakpastian.



## Rangkuman

Risiko dan ketidakpastian merupakan dua hal yang saling berkaitan dengan keputusan manusia dalam merencanakan, melakukan dan mengevaluasi suatu tindakan atau kegiatan, serta dampaknya terhadap sistem lingkungan secara khusus. Ketidakpastian dapat dipersepsikan dalam berbagai perspektif baik obyektif maupun subyektif, serta dalam berbagai tingkatan atau derajat ketidakpastian. Ketidakpastian dalam konteks lingkungan bisa muncul dari berbagai sumber baik dari sisi data, model maupun dari sisi aspek manusianya. Ketidakpastian juga dapat muncul dari sisi eksternal dan internal dalam sistem yang dikaji. Memahami ketidakpastian dalam analisis lingkungan sangat penting untuk mencegah atau meminimalkan terjadinya kerugian lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia.



## Tes Formatif 2

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan ketidakpastian obyektif!
- 2) Jelaskan tingkatan ketidakpastian menurut klasifikasi Walker (2003)!
- 3) Jelaskan beberapa faktor yang mempengaruhi ketidakpastian lingkungan!
- 4) Sebutkan beberapa sumber ketidakpastian yang bersumber dari data!
- 5) Jelaskan sumber-sumber ketidakpastian eksternal menurut Samsami *et al.* (2015)!

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. *Dominance Principles* adalah prinsip risiko yang menyatakan bahwa di antara pilihan yang menghasilkan manfaat yang sama, hendaknya dipilih yang memiliki risiko yang terkecil, atau di antara pilihan yang menghasilkan risiko yang sama, hendaknya dipilih yang menghasilkan manfaat yang paling besar.
2. Perbedaan paling fundamental antara analisis risiko pra-modern dengan modern adalah perubahan dari sifat *trial and error* pada jaman pra-modern ke penggunaan kaidah ilmiah (matematis) pada era modern.
3. Dua akar utama analisis risiko modern adalah:
  - a. Berkembang teori matematika khususnya teori peluang.
  - b. Berkembangnya analisis hubungan sebab-akibat antara risiko dan dampak yang ditimbulkan.
4. Klasifikasi persepsi risiko menurut Hovden (2004):
  - a. Rasionalis
  - b. Realis
  - c. Konstruksionis
  - d. *Middle position*
5. Analisis risiko lingkungan diperlukan untuk mengurangi dampak lingkungan pada manusia (kesehatan dan kesejahteraan), dan juga untuk memastikan ekosistem yang sehat sehingga mampu memberikan layanan barang dan jasa untuk kebutuhan manusia. Analisis risiko juga diperlukan dalam menjawab koncern global berkaitan dengan risiko lingkungan seperti perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, bencana lingkungan yang diakibatkan oleh ulah manusia serta bencana alam.

### *Tes Formatif 2*

1. Ketidakpastian obyektif menggambarkan ketidakpastian dengan asumsi bahwa seseorang memiliki pengetahuan dalam derajat tertentu tentang apa yang terjadi di sekitarnya.
2. Tingkatan ketidakpastian menurut Walker (2013):
  - a. Tingkat pertama: ketidakpastian rendah dan kejelasan masa depan.
  - b. Tingkat kedua: *alternative future*.
  - c. Tingkat ketiga: potensi masa depan yang akan terjadi sudah bisa diidentifikasi, namun tidak ada skenario spesifik yang dikembangkan.
  - d. Tingkat keempat *true ambiguity* (ambiguitas murni)
3. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketidakpastian lingkungan:
  - a. Sifat *irreversibility* (ketidakpulihan) dari alam dan lingkungan.

- b. Tidak lengkapnya informasi, distribusi dan komposisi komponen lingkungan.
- c. Keterbatasan informasi dampak ekonomi terhadap perubahan yang terjadi pada lingkungan.
4. Sumber ketidakpastian yang berasal dari data adalah:
  - a. Kesalahan pengukuran
    - Jenis instrument pengukuran
    - Kualitas dan frekuensi kalibrasi
    - Pembacaan dan pencatatan data
    - Transimisi dan penyimpanan data
  - b. Jenis data yang dicatat
  - c. Periode catatan data
  - d. Jenis analisis data
  - e. Cara data disajikan
5. Sumber ketidakpastian eksternal Samsami *et al.* (2015)
  - a. Sifat atau karakteristik hubungan antara manusia dan lingkungan.
  - b. Proses yang mengarah pada penentuan aturan dan kebijakan.
  - c. Tindakan yang dilakukan oleh individu atau masyarakat merespon terhadap ketidakpastian lingkungan yang timbul.

## Daftar Pustaka

- Aven, T. (2008). *Risk analysis: Assessing uncertainties beyond expected values and probabilities*. UK: John Wiley and Sons Ltd. England.
- \_\_\_\_\_. (2011). On how to conceptualize and describe risk. *RT&A, 01(2)*, 28-37.
- Bodde, M., K. van der Wel., P. Driessen., Wardekker., & Tunhaar, H. (2018). A strategies for dealing with uncertainties in strategic environmental assessment: An analytical framework illustrated with case studies from the Netherlands. *Sustainability, 10 (2463)*, 1-24.
- Cardenas, I. C., & Halman, J. I. (2016). Coping with uncertainty in environmental impact assessments: Open criteria and techniques. *Environ. Impact Assess. Rev.60*, 24–39.
- Cooke, R. (2009). A brief history of quantitative risk assessment. *Resources*.8-9.
- Covello, V. T., & Mumpower, J. (1985). Risk analysis and risk management: An historical perspective. *Risk Analysis, Vol 5(2)*, 103-120.
- Hovden, J. (2004). *Risk and uncertainty management strategies*. Paper presented at 6<sup>th</sup> International CRN Expert Workshop. Stockholm.
- Maier, H. R., & Ascough II, J. C. (2006). *Uncertainty in environmental decision-making issues: Challenges and future direction*. International Congress on Environmental Modelling and Software. 308.
- Pyndick, R. S. (2006). *Uncertainty in environmental economics*. NBER Working Paper 12752. National Bureau of Economic Research. USA: Cambridge MA.
- Refsgaard, J.C., van der Sluijs., Hobjerg, A.L., & Vanrolleghem, P. (2005). *Harmoni-CA guidance: Uncertainty analysis*.
- Samsami, F. S. H. K., & Hosseini, A. A. (2015). Managing environmental uncertainty: From conceptual review to strategic management point of view. *International Journal of Business and Management, Vol 10(7)*, 215-229.

Toma, S. V., Chitita, M., & Sarpe, D. (2012). Risk and uncertainty. *Procedia Economics and Finance*, Vol3, 975-980.

Wakeham, J. (2015). Uncertainty: History of the concept. *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Science* 2<sup>nd</sup> Edition Vol 24. Elsevier, The Netherland.

Walker, W. E., Harremoes, P., Rotmans, J., Van Der Sluijs, J. P., Van Asselt, M. B. A., Janseen, & Kraye Von Krauss, M. P. (2003). Defining uncertainty: A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment*, 4(1), 5-17.

Zachmann, K. (2014). Risk in historical perspective: Concepts, contexts, and conjunctions. In C. Klupperberg, D. Straub, and I. M Welpé (Eds). *Risk, a multidisciplinary introduction*. Switzerland: Springer.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 02

# Risiko dalam Perspektif Ekonomi dan Lingkungan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 02</b>	<b>2.1</b>
Risiko dalam Perspektif Ekonomi dan Lingkungan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	<b>2.4</b>
Risiko dalam Perspektif Ekonomi	
<b>Latihan</b>	<b>2.12</b>
<b>Rangkuman</b>	<b>2.13</b>
<b>Tes Formatif 1</b>	<b>2.13</b>
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	<b>2.14</b>
Risiko dalam Perspektif Lingkungan	
<b>Latihan</b>	<b>2.26</b>
<b>Rangkuman</b>	<b>2.26</b>
<b>Tes Formatif 2</b>	<b>2.27</b>
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	<b>2.28</b>
<b>Daftar Pustaka</b>	<b>2.29</b>



## Pendahuluan

Pada Modul 1, kita telah membahas pengertian-pengertian mendasar tentang risiko dan ketidakpastian. Pada Modul 1 juga telah kita bahas berbagai perspektif terkait risiko dan ketidakpastian, serta perbedaan mendasar di antara keduanya. Perspektif ekonomi dan lingkungan yang berkaitan dengan ketidakpastian juga telah dikupas pada Modul 1.

Pada Modul 2 akan dibahas secara lebih rinci teori risiko baik dalam perspektif ekonomi maupun dalam perspektif lingkungan, serta irisan di antara kedua perspektif tersebut. Pembahasan akan dimulai dengan perspektif ekonomi risiko, mulai dari konteks yang umum kemudian diikuti dengan beberapa hal spesifik dari aspek risiko dalam perspektif ekonomi. Pada bagian berikutnya, akan dibahas aspek risiko dalam perspektif lingkungan baik dalam konteks yang umum maupun yang lebih spesifik.

Setelah mempelajari modul ini diharapkan Anda akan memahami bagaimana perspektif ekonomi dalam memandang risiko berkaitan dengan pengambilan keputusan melalui konsep sebagai berikut.

1. Nilai harapan (*expected value*).
2. Utilitas harapan (*expected utility*).
3. Perbedaan sikap terhadap risiko (*risk averse*, *risk taker* dan *risk neutral*).
4. Prinsip-prinsip *environmental risk assessment* dan *ecological risk assessment*.

## Risiko dalam Perspektif Ekonomi

Sebagaimana telah disinggung pada Modul 1, risiko merupakan bagian yang tidak bisa dihindari oleh setiap individu dalam pengambilan keputusan. Dengan kata lain, risiko berkaitan erat dengan pengambilan keputusan. Dalam setiap keputusan yang diambil, seseorang pasti akan mempertimbangkan aspek manfaat (*gain*) dan kerugian (*loss*) yang akan timbul dari keputusan tersebut. Dalam perspektif ekonomi, risiko yang ditimbulkan dikaitkan dengan manfaat dan kerugian yang akan terjadi dengan kerangka atau asumsi dasar yang dibangun bahwa individu atau masyarakat bersikap rasional. Rasionalitas ini menjadi model standar ekonomi dan risiko dinilai berdasarkan pertimbangan rasionalitas tersebut (Mehta, 2007).

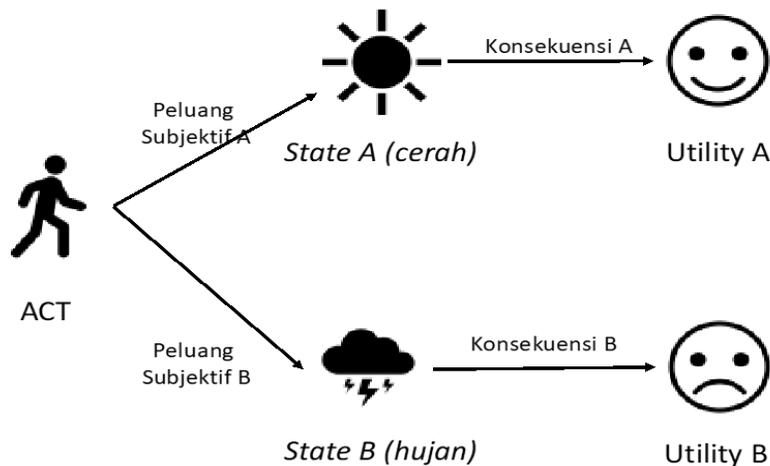
### A. MODEL RISIKO DALAM PERSPEKTIF EKONOMI NEOKLASIK

Dalam model ekonomi neoklasik atau yang disebut juga model standar analisis risiko dalam perspektif ekonomi, Mehta (2007) merinci risiko dari perspektif ekonomi yang diukur dari beberapa instrumen yakni *act* (tindakan), *states* (kondisi atau situasi), *consequences* (akibat yang ditimbulkan), dan *utility* (nilai atau ukuran manfaat dan kerugian). Keempat instrumen ini kemudian dihubungkan dengan peluang yang telah kita singgung pada Modul 1 sebelumnya yakni peluang subyektif (*subjective probability*).

Komponen tindakan (*act*) menggambarkan masalah pilihan yang dihadapi oleh seseorang dan pilihan mana yang diambil oleh individu tersebut. Misalnya, apakah akan naik kereta atau membawa kendaraan sendiri untuk mencapai tujuan yang dituju. Komponen kondisi (*states*) menggambarkan situasi (*events*) yang berada di luar jangkauan kendali individu tersebut, namun mungkin akan dihadapi atau akan terjadi. Misalnya saja dalam turnamen olah raga sepak bola, pada perempat final, delapan tim yang bertanding semuanya bisa saja menang dan kita tidak tahu tim mana yang akan menang. Kita sebagai penonton tidak bisa mengendalikan tim mana yang akan menang, meski pelatih atau pemain bisa saja mengendalikan untuk menentukan peluang kemenangan tersebut. Dalam situasi ini, yang bisa kita kendalikan adalah komponen tindakan (*act*), yaitu apakah kita akan bertaruh dengan teman kita untuk menduga tim mana yang akan menang. Tindakan (*act*) berada dalam kendali kita, namun tidak demikian halnya dengan kondisi (*states*).

Komponen konsekuensi atau akibat, menggambarkan dampak dari komponen tindakan, namun tergantung pada komponen kedua yakni kondisi atau *states*. Komponen ini bisa berupa *gain* (manfaat) atau *loses* (kerugian) baik dalam bentuk *monetary* (uang) maupun bentuk *non-monetary* (misalnya kepuasan, penyesalan, dan lain-lainnya). Dalam ranah ekonomi, ukuran manfaat ini sering diukur dalam ukuran kardinal dengan istilah *utility*, dan ukuran kerugian atau *loss* sering diistilahkan dengan *dis-utility*. Misalnya saja ketika Anda berangkat ke tempat kuliah dengan berjalan kaki dan cuaca mendung, maka konsekuensinya adalah Anda akan berada dalam kondisi yang nyaman dengan udara yang tidak panas (*state* = tidak hujan). Dengan kata lain, Anda memperoleh *utility* positif, atau Anda akan basah kuyup manakala *state* hujan terjadi (*dis-utility*).

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, keempat komponen ini dalam konteks risiko terhubung dengan peluang subyektif. Jadi, ketika Anda tadi berangkat ke kampus dalam cuaca mendung, tentunya Anda tidak tahu persis apakah akan hujan atau tidak. Namun demikian, Anda bisa memperkirakan peluang apakah hujan akan jadi turun atau tidak dengan misalnya mengamati tebalnya awan. Perkiraan peluang terjadinya kondisi (*states*) ini merupakan peluang subyektif yang akan membobot konsekuensi yang akan Anda hadapi (*utility*). Gambar 2.1 memberikan ilustrasi komponen risiko individu dalam menghadapi dua *states* (kondisi) yang berbeda yakni cuaca cerah dan hujan.



Gambar 2.1  
Ilustrasi Komponen Risiko

Keseluruhan komponen risiko dalam model ekonomi standar ini bisa dijelaskan secara matematis melalui kerangka teoritis yang dikembangkan oleh John Von-Neumann dan Oscar Morgenstern pada tahun 1947 yang dikenal dengan teori Von Neumann-Morgenstern. Teori ini menjelaskan lebih rinci konsep *utility* dalam konteks risiko dengan menambahkan komponen *Expected Utility* (EU), dan *Utility of Expected Value* atau  $U(EV)$ .

Teori Von Neumann-Morgenstern dapat dijelaskan sebagai berikut. Dimisalkan Anda bertaruh bermain lempar uang logam Rp 500,00 dan Anda memilih muka koin (gambar pahlawan Letjen TNI T.B. Simatupang) sebagai taruhan Anda. Misalnya saja, jika Anda menang, akan memperoleh Rp 16 ribu, dan jika kalah, Anda kehilangan Rp 4 ribu. Oleh karena uang logam memiliki dua sisi (sisi gambar pahlawan dan sisi angka), maka peluang keduanya sama yakni 0,5 (atau 50%). Dimisalkan pula *utility* dari bermain taruhan tadi digambarkan dalam bentuk  $U(x) = \sqrt{x}$  dan  $x$  adalah konsekuensi atau *outcome* dari bermain koin tadi. Von Neumann-Morgenstern kemudian mendefinisikan nilai harapan dari bermain taruhan tadi (*expected value*) sebagai jumlah peluang dari *gain* dan *losses* dikalikan dengan konsekuensi kedua kejadian tersebut atau:

$$EV = \pi_g(16) + \pi_b(4) = 0,5(16) + 0,5(4) = 10$$

di mana  $\pi_g$  adalah peluang kejadian jika sisi gambar pahlawan muncul (*good outcome*) dan  $\pi_b$  adalah peluang kejadian jika sisi angka yang muncul (*bad outcome*). Sementara itu, nilai utilitas dari kedua kejadian tersebut diukur dari penjumlahan peluang dari dua kejadian dikalikan dengan nilai *outcome* atau *utility* yakni:

$$EU = p_g U(x_g) + p_b U(x_b)$$

$$EU = 0,5\sqrt{16} + 0,5\sqrt{4} = 3$$

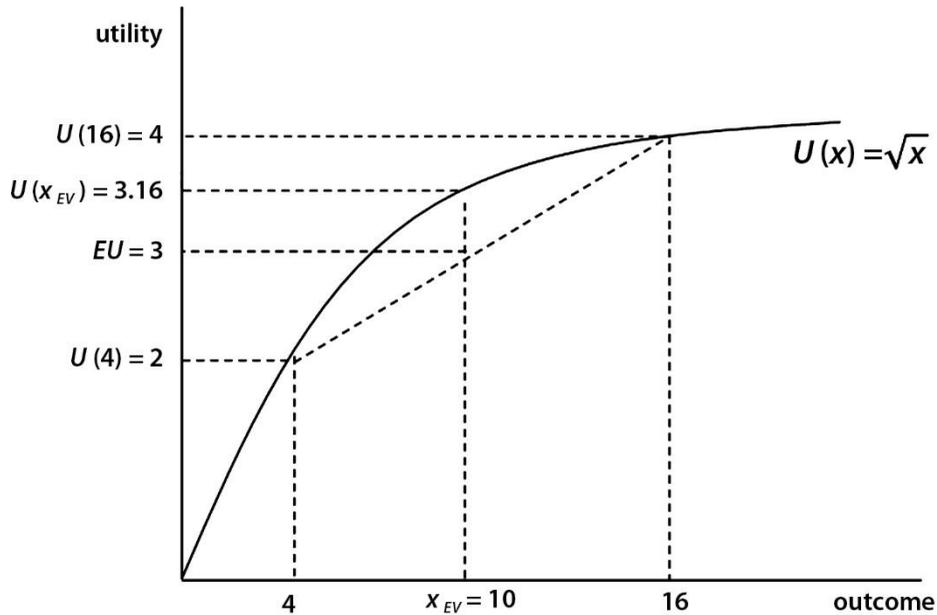
Teori von Neumann-Morgenstern kemudian dapat digunakan untuk mengukur sikap terhadap risiko dengan membandingkan nilai dari utilitas harapan atau *expected utility* (EU) dengan utilitas dari nilai harapan atau  $U(EV)$ . Oleh karena nilai harapan (EV) sudah dihitung seperti di atas dengan nilai 10, maka utilitas nilai harapan  $U(EV)$  adalah:

$$U(EV) = \sqrt{10} = 3,162$$

Dengan melihat kedua nilai utilitas tersebut, teori Von Neumann-Morgenstern mengklasifikasikan sikap terhadap risiko sebagai berikut.

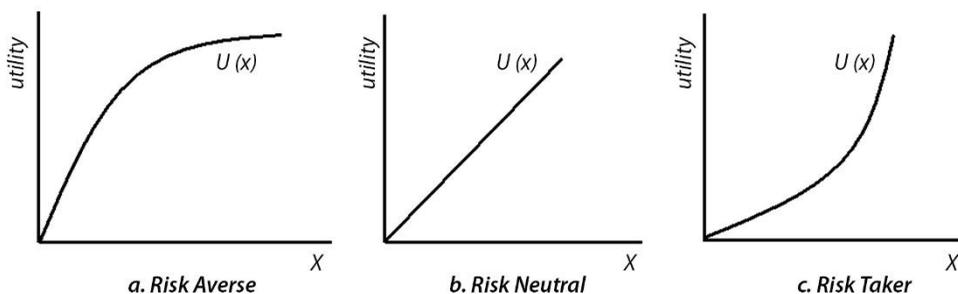
1. Pengambil risiko (*risk taker*) jika  $EU > U(EV)$ .
2. Penghindar risiko (*risk averse*) jika  $EU < U(EV)$ .
3. Netral terhadap risiko (*risk neutral*) jika  $EU = U(EV)$ .

Dalam contoh di atas, oleh karena nilai  $EU < U(EV)$  maka dikatakan bahwa sikap terhadap risiko dikategorikan sebagai *risk averse* atau menghindari risiko.



Gambar 2.2  
Kurva Risk Averse

Gambar 2.2 menjelaskan sikap terhadap risiko menurut teori Von Neumann-Morgensten. Sebagaimana terlihat pada Gambar tersebut, *utility* pada saat  $x=16$  adalah sebesar 4 dan *utility* pada saat  $x=4$  adalah sebesar 2. Kombinasi linier dari kedua *outcome* tersebut yakni *expected utility* (EU) menghasilkan nilai *utility* sebesar  $EU=3$ . Nilai ini lebih kecil dari pada utilitas nilai harapan  $U(EV)$  yakni sebesar 3,16 sebagaimana ditunjukkan pada kurva pada Gambar 2.2. Kurva yang menghasilkan nilai  $U(EV) > EU$  tersebut merupakan gambaran dari individu yang bersifat *risk averse*. Secara umum kurva yang menggambarkan sikap terhadap risiko disajikan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3  
Berbagai Jenis Kurva Sikap terhadap Risiko

Dalam pandangan ekonomi neo-klasik, sikap terhadap risiko yang digambarkan melalui kurva di atas diasumsikan bersifat stabil. Artinya bahwa seseorang yang bersikap *risk averse* yang digambarkan dengan kurva yang cembung (Gambar 2.3a), tentu tidak akan bersifat *risk taker* (kurva cekung pada Gambar 2.3c). Asumsi stabilitas ini mungkin tidak terjadi juga pada dunia nyata (Mishra, 2014). Misalnya saja seseorang bisa saja bersikap *risk averse* ketika menghadapi situasi tertentu (misalnya saja ketika berkendara dengan sangat hati-hati), namun bisa saja dia makan sembarangan (*risk taker* dalam soal makanan). Demikian juga, seseorang bisa menjadi *risk taker* pada usia muda dan bersikap *risk-averse* pada usia tua.

Tantangan lain atau masalah lainnya yang dihadapi ketika menggunakan persepsi neoklasik dalam memahami risiko adalah bagaimana menterjemahkan risiko berbasis nilai tersebut (*utility*) ke dalam kebijakan yang bisa diukur. Sebagaimana telah dijelaskan di atas, *utility* adalah ukuran abstrak yang menggambarkan manfaat dan kerugian yang dirasakan oleh individu yang diukur dalam nilai kardinal 1, 2, 10 atau 100 atau berapapun angka kardinal yang bisa kita gunakan. Demikian juga halnya operasionalisasi utilitas ini bisa saja dalam berbagai bentuk seperti kesejahteraan, kebahagiaan, peluang, atau bentuk lainnya yang menggambarkan *reward* atau kerugian. Multi interpretasi utilitas ini tentu akan menyulitkan pengukuran risiko ekonomi dalam dunia nyata. Oleh karena itu, diperlukan transformasi ukuran utilitas ini dalam kehidupan nyata melalui berbagai proksi atau pendekatan pengukuran utilitas.

Dalam contoh sehari-hari, manfaat dan kerugian yang terjadi bisa saja dalam bentuk moneter atau non-moneter seperti misalnya tingkat kematian, kerugian materil dan sebagainya. Sebagai contoh adalah ketika Indonesia dilanda pandemic Covid-19. Pertanyaan yang muncul misalnya, bagaimana mengurangi risiko penularan, kematian atau meningkatnya biaya kesehatan dengan manfaat ekonomi dari kebijakan membiarkan sektor ekonomi berjalan seperti sebelum adanya Covid-19. Atau dalam contoh lalu lintas, bagaimana mengurangi risiko tingkat kecelakaan lalu lintas dengan implikasi meningkatnya kemacetan dan kerugian yang ditimbulkan dari waktu dan biaya akibat kemacetan tersebut. Jika menggunakan ukuran *utility*, tentu akan sulit menterjemahkan manfaat dan biaya tersebut ke dalam analisis risiko dan konsekuensinya terhadap kebijakan. Hal ini karena kebijakan yang dijalankan sering berbasis ukuran yang terukur seperti ukuran moneter, misalnya rupiah yang diterima atau rupiah yang dikeluarkan oleh pemerintah, masyarakat atau individu.

Untuk memperoleh nilai moneter yang menggambarkan risiko tadi, pendekatan neo-klasik menggunakan pendekatan kesanggupan membayar atau *willingness to pay* (WTP) yang diperoleh dari keinginan individu atau masyarakat untuk mengorbankan sesuatu atau memperoleh sesuatu. Misalnya saja untuk memperoleh gambaran bagaimana mengurangi risiko dari kecelakaan lalu lintas, pemerintah bisa saja melakukan survei terhadap masyarakat terkait berapa keinginan membayar mereka untuk mengurangi risiko dari kecelakaan tersebut. Metode ini merupakan salah satu

metode yang baku dalam valuasi ekonomi lingkungan yang juga akan disinggung pada modul-modul berikutnya.

*Willingness to pay* juga bisa dilihat dari pasar asuransi. Premi yang dibayarkan seseorang untuk menghadapi risiko ketika terjadi sesuatu, menggambarkan bagaimana seseorang tersebut menyikapi risiko. Demikian juga dalam pasar barang dan jasa yaitu ketika seseorang membeli produk premium (laptop, kendaraan bermotor dan sebagainya), sering diberi tawaran untuk membayar iuran tahunan dengan jaminan jika terjadi kerusakan pada produk yang dibeli akan diberikan layanan perbaikan gratis atau sejenisnya. Pembayaran yang Anda lakukan tersebut tidak lain menggambarkan sikap Anda terhadap risiko yang bisa diukur melalui unit moneter (rupiah) melalui pendekatan *willingness to pay*.

Selain dengan pendekatan utilitas harapan, perspektif risiko dalam ekonomi neoklasik juga bisa dipahami melalui perspektif nilai pilihan (*option value*). Perspektif *option value* pada hakikatnya memasukkan unsur risiko yang diukur melalui peluang kejadian dan kontigensi (dua keadaan yang berbeda) dalam proyek atau kebijakan. Unsur risiko bisa diukur dari proyek yang memiliki varian yang tinggi dan nilai pilihan yang negatif. Penjelasan lebih rinci mengenai *option value* ini akan disajikan pada Modul 7 bersamaan dengan teknik pengukuran risiko lainnya.

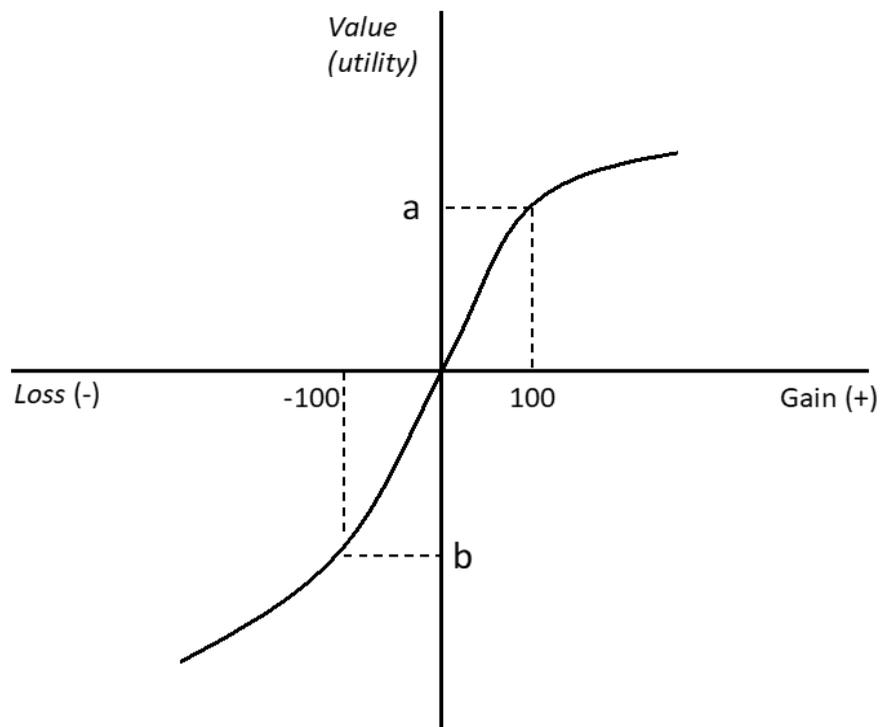
## B. MODEL EKONOMI LAINNYA

Perspektif risiko dari aspek ekonomi sebagaimana yang telah kita bahas pada bagian A di atas merupakan model standar atau model baku yang didasarkan pada asumsi rasionalitas, seperti misalnya konsistensi dalam menentukan ranking pilihan. Jadi jika A lebih dipilih dari pada B, dan B lebih dipilih dari pada C, maka A lebih dipilih dari pada C. Asumsi ini diperlukan karena model neoklasik yang didasarkan pada banyak pemikiran matematis membutuhkan pengukuran yang baku dengan penyimpangan yang sekecil mungkin. Dengan kata lain, tidak ada ruang untuk berpikir bias atau melakukan kesalahan sistematis dalam menyikapi risiko. Dengan kata lain, dalam model neoklasik preferensi seseorang ketika menghadapi risiko atau tidak menghadapi risiko akan bersifat stabil (Msihar, 2014).

Hal ini tentu saja dalam kenyataannya agak sulit karena keputusan manusia sering tidak bersifat konsisten karena keterbatasan informasi dan juga kemampuan yang terbatas dalam mengolah informasi. Dalam konteks ini, asumsi rasionalitas menjadi terbatas karena di luar perspektif neoklasikal, ekonomi mengenal *bounded rationality* atau rasionalitas yang terbatas yang berusaha mengakomodasi berbagai kemungkinan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Asumsi rasionalitas inilah yang menjadi pembeda antara pendekatan ekonomi neoklasik dengan pendekatan ekonomi lainnya. Ranah ini kemudian dikenal sebagai ranah *behavioural economics* atau ekonomi perilaku yang dipelopori oleh Daniel Kahneman dan Richard Thaler. Keduanya pernah memenangi nobel ekonomi dari pengembangan teori ekonomi perilaku tersebut.

Salah satu teori terkenal berkaitan dengan risiko dalam ranah ekonomi perilaku ini adalah *Prospect Theory* (Teori Prospek) yang dikenalkan oleh Kahneman dan Tversky pada tahun 1979. Dalam teori prospek, individu tidak memperlakukan peluang kejadian dengan menggunakan prinsip-prinsip matematis yang kaku dan teori peluang baku sebagaimana telah kita singgung pada bagian A di atas. Berbeda dengan pendekatan neoklasik, sikap terhadap risiko dan peluang dalam perspektif ekonomi perilaku lebih didasarkan pada *cognitive judgement* (penilaian kognitif) yang lebih didasarkan pada keputusan yang sudah dialami sebelumnya. Situasi ini dikenal dengan pendekatan *heuristic* atau *rule of thumb*. Misalnya jika Anda tinggal di Kota Bogor yang dikenal sebagai kota hujan, maka keputusan untuk membawa payung untuk menghindari kehujanan merupakan keputusan yang bersifat *heuristic* yang didasarkan pada penilaian Anda sebelumnya tanpa memperhitungkan peluang kejadian hujan atau tidak hujan.

Fitur lain yang juga membedakan konsep risiko antara ekonomi neoklasikal dan ekonomi perilaku adalah perbedaan penilaian yang cukup besar antara risiko dengan prospek negatif (*negative utility*) dengan risiko dengan prospek positif (*positive utility* atau benefit). Berbagai percobaan yang dilakukan oleh para ekonom perilaku menunjukkan bahwa orang cenderung bersikap menghindari risiko ketika menghadapi prospek yang berisiko. Hal ini dapat dijelaskan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4  
Penilaian Risiko dalam Perspektif Teori Prospek

Dimisalkan Anda memperoleh uang Rp 100 ribu. Nilai ini dipetakan pada Gambar 2.3 sebagai utilitas positif dengan nilai  $a$  pada sumbu vertikal. Jika dimisalkan sekarang uang Rp 100 ribu tadi hilang atau dicuri, maka nilai ini dipersepsikan berbeda pada sumbu vertikal yaitu berupa nilai kerugian (*loss*) yang lebih besar dari pada nilai manfaat (*gain*), meski secara fisik jumlah uangnya sama yakni tetap Rp 100 ribu. Sebagaimana terlihat pula pada Gambar 2.3, jarak dari titik sumbu ke  $a$  ( $Oa$ ) lebih kecil dari pada jarak dari titik sumbu ke  $b$  ( $Ob$ ).

Aspek lain yang juga mempengaruhi persepsi risiko dalam perspektif ekonomi perilaku adalah adanya “*framing*” dan “*anchoring*”. *Framing* menggambarkan persepsi yang terbentuk oleh opini umum yang kemudian mempengaruhi keputusan seseorang untuk melakukan pilihan atau tindakan. Misalnya saja, orang lebih takut naik pesawat dari pada naik kereta karena adanya *framing* bahwa naik pesawat lebih berisiko dari pada naik kendaraan di darat. Gambaran kecelakaan pesawat yang begitu mengerikan cukup memberikan “*frame*” bahwa naik pesawat menakutkan walau secara statistik jumlah kecelakaan pesawat jauh lebih kecil dari pada kecelakaan kendaraan di darat.

Salah satu contoh dari *framing effect* yang sangat terkenal dalam teori prospek adalah percobaan yang dilakukan oleh Tversky dan Kahneman (1981) berkaitan dengan pilihan dari hipotesis berkaitan dengan penyelamatan masyarakat dari penyakit. Dimisalkan bahwa terjadi epidemi suatu penyakit di suatu wilayah (negara atau kawasan tertentu) yang diduga bisa menelan korban 600 jiwa. Pemerintah menawarkan dua program alternatif yang secara perhitungan matematis memiliki *outcome* atau konsekuensi yang sama. Kahneman dan Tversky kemudian menanyakan responden dengan dua *framing* yang berbeda yakni *framing* positif dan *framing* negatif. Pada *framing* positif, dua program tadi dinyatakan sebagai berikut.

1. Jika program A diadopsi, maka 200 jiwa terselamatkan.
2. Jika program B diadopsi, maka peluang jumlah jiwa yang terselamatkan dari total 600 jiwa adalah sebesar  $1/3$ , dan peluang yang tidak terselamatkan sebesar  $2/3$ .

Pada *framing* positif ini, kedua opsi dinyatakan dalam kemungkinan orang yang **diselamatkan**, atau dengan kata lain dalam bentuk manfaat (*gain*). Ketika responden ditanya melalui *framing* positif ini, 72% partisipan memilih opsi A (opsi kepastian), dari pada Opsi B (opsi ketidakpastian). Ketika kemudian pertanyaan diubah menjadi *framing* negatif yakni:

1. jika program C diadopsi, 400 jiwa akan meninggal,
2. jika program D diadopsi, peluang jumlah jiwa tidak meninggal dari total 600 jiwa adalah sebesar  $1/3$ , dan peluang meninggal sebesar  $2/3$ .

Seperti terlihat pada kalimat di atas, pernyataan opsi C dan D dinyatakan dalam *framing* negatif, yakni jumlah jiwa yang diperkirakan meninggal, atau dalam bentuk kerugian (*loss*). Ketika pertanyaan ini diajukan kepada responden, hanya 22% responden memilih opsi C, meski secara matematis opsi C ini setara dari jumlah angka

dengan Opsi A pada *frame* positif. Hasil eksperimen ini juga menguatkan bukti ketidakstabilan preferensi model neoklasikal seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Lalu bagaimana dengan *anchoring*? *Anchoring* merupakan produk yang dihasilkan dari keyakinan atau kepercayaan terhadap informasi tertentu yang belum tentu diyakini kebenarannya. Hal ini sering juga disebut sebagai *anchoring bias*. Pada musim pemilihan kepala daerah atau pemilihan legislatif (pileg) misalnya. Jika Anda fanatik terhadap calon A atau calon B atau partai X dan Y sehingga apapun pendapat orang lain tidak akan Anda dengarkan, maka Anda sudah terkena *anchoring*. Dalam konteks risiko juga demikian. Perilaku mengkonsumsi makanan yang berisiko, mungkin juga disebabkan karena *anchoring* terhadap opini yang Anda bobot terlalu tinggi, sehingga mungkin Anda menghindari daging dan sebagainya karena dianggap semuanya berisiko terhadap kesehatan.

Teori risiko dalam pendekatan ekonomi perilaku memang memberikan perspektif yang sangat kontras dengan perspektif neoklasikal yang didasarkan pada pendekatan matematis. Namun demikian, meskipun pendekatan ini lebih realistis dalam konteks memahami perilaku manusia yang faktual, implementasinya dalam penelitian memerlukan berbagai eksperimen yang cukup kompleks karena harus dibarengi dengan “*control group*” dan uji validitas yang dapat dipertanggungjawabkan.

Selain dari beberapa perspektif ekonomi tentang risiko sebagaimana telah didiskusikan di atas, tentu banyak perspektif ekonomi lainnya. Sebagian besar umumnya berkaitan dengan risiko finansial, risiko perdagangan, risiko politik ekonomi dan sebagainya. Dalam modul ini hanya dibahas prinsip-prinsip dasar risiko dari perspektif ekonomi tersebut baik melalui kerangka neo-klasik maupun kerangka lainnya. Sebagian perspektif risiko finansial, perdagangan, politik dan sebagainya juga masih berbasis kerangka neo-klasik atau kerangka ekonomi perilaku. Jika kita memahami kerangka dasar tersebut, maka memahami risiko dalam konteks yang berbeda tidak akan banyak menemui kesulitan.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Jelaskan komponen-komponen yang berkaitan dengan risiko dalam perspektif ekonomi.
- 2) Dalam perspektif neo-klasik, risiko diukur dengan *expected utility*. Bisakah Anda jelaskan mengapa terminologi tersebut digunakan?
- 3) Dalam perspektif ekonomi perilaku, risiko didekati melalui teori prospek. Bisakah Anda jelaskan bagaimana pendekatan *gain* (manfaat) dan *loss* (kerugian) menurut teori ini?

### Petunjuk Jawaban Latihan

- 1) Anda perlu mempelajari dengan seksama penjelasan Gambar 2.1.
- 2) Perhatikan kata kunci “*expected*” yang menggambarkan peluang.
- 3) Perhatikan Gambar 2.3.



### Rangkuman

Pemahaman tentang konsep risiko dalam perspektif ekonomi diperlukan sebagai pemahaman konsep dasar risiko yang akan berkaitan dengan risiko lainnya. Salah satunya adalah risiko lingkungan yang menjadi fokus bahasan buku ini. Risiko ekonomi dan lingkungan saling berkaitan satu sama lain karena tindakan ekonomi akan berdampak pada risiko lingkungan, demikian juga sebaliknya. Oleh karenanya penting untuk terlebih dahulu memahami konsep risiko dari perspektif ekonomi ini.

Dalam perspektif ekonomi, konsep risiko lebih didasarkan pada konsep neo-klasik yang berbasis teori peluang dan manfaat (*expected utility*) yang dibangun oleh Von Newman dan Morgensten. Risiko dalam teori ini digambarkan melalui preferensi (fungsi utilitas) yang kemudian akan menggambarkan apakah individu akan bersikap menyukai risiko (*risk taker*), menghindari risiko (*risk averse*) atau *risk netral*. Pendekatan ini tentu banyak memiliki kelemahan, sehingga kemudian dilengkapi dengan pendekatan lain seperti halnya teori prospek yang dikembangkan oleh teori ekonomi perilaku. Masing-masing pendekatan tentu memiliki kelebihan dan kekurangan sehingga dengan memahami keduanya akan memberikan pemahaman yang komprehensif terkait risiko dari persepektif ekonomi.



### Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Kerangka teori risiko perspektif ekonomi neo-klasik yang dikembangkan oleh Von Newmann-Morgenstern dikenal dengan ....
- 2) Jika utilitas seseorang diasumsikan dalam bentuk  $U(x) = x^2$ , *outcome* dari situasi normal  $x_g = 20$ , dan situasi risiko  $x_b = 5$  dan peluang kejadian masing-masing  $\pi_g = 0.6$  dan  $\pi_b = 0.4$ , berapakah *Expected Utility* (EU) dan *Utility of Expected Value* U(EV) dari kasus di atas?
- 3) Berdasarkan soal nomor 2 di atas, apakah individu tadi dikatakan *risk averse*, *risk taker* atau *risk neutral*?
- 4) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *heuristic judgment* menurut teori risiko ekonomi perilaku!

# Risiko dalam Perspektif Lingkungan

## A. PENDAHULUAN

Pada KB-1 telah kita bahas bagaimana aspek risiko ditinjau dari perspektif ekonomi yang didasarkan pada prinsip pengambilan keputusan. Dalam perspektif ini risiko sering dilihat dari sisi *ex-ante* (sebelum keputusan dijalankan), dan *outcome* (dampak) dari keputusan dihitung dari peluang subyektif yang dimiliki seseorang. Dalam konteks lingkungan, risiko dapat dipersepsi baik dari sisi *ex-ante* maupun *ex-post* (setelah kejadian) untuk melihat dampak dari tindakan atau kegiatan manusia terhadap lingkungan. Pada KB-2 ini akan dibahas bagaimana risiko dalam perspektif lingkungan dilihat dari kedua sisi tersebut.

## B. OVERVIEW RISIKO DALAM PERSPEKTIF LINGKUNGAN

Secara historis, sebagaimana telah dijelaskan pada KB-1, perhatian terhadap lingkungan merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap lahirnya analisis penilaian risiko. Pada akhir abad ke-19, keterkaitan analisis risiko dengan lingkungan dibuktikan dari berbagai kasus (Gujar dan Mohan, 2002), di antaranya sebagai berikut.

1. Kebocoran atau ledakan pembangkit listrik tenaga nuklir.
2. Dampak negatif dari kegiatan pertambangan.
3. Pencemaran udara yang terjadi di London, Inggris.
4. Kasus dampak tembakau.
5. Dampak bahan kimia terhadap kanker.
6. Kondisi lingkungan yang buruk (*slum living*).
7. Pencemaran air dan kolera.
8. Paparan terhadap sinar matahari dan kaitannya dengan kanker kulit.

Berbeda dengan perspektif ekonomi yang menekankan pada pilihan individu, analisis risiko lebih menekankan pada dampak terhadap masyarakat yang lebih luas yang diukur dalam skala ruang dan waktu serta keragaman risiko lainnya. Sebagai contoh, ledakan pembangkit tenaga nuklir Chernobyl yang terjadi pada tanggal 26 April 1986 di Pripyat (sekarang bagian dari Ukraina) merupakan salah satu bencana ledakan pembangkit nuklir yang paling merusak sepanjang sejarah manusia diukur dari biaya sosial dan lingkungan yang ditimbulkan serta jatuhnya korban. Diperkirakan lebih dari

200 ribu orang meninggal, baik karena terpapar radiasi nuklir maupun akibat dampak langsung ledakan. Skala ruang dan waktu dari bencana ini cukup besar karena melibatkan ribuan kilometer persegi wilayah yang terdampak radiasi dan harus disterilkan. Pemulihan wilayah ini untuk bisa dihuni kembali memerlukan waktu 20 tahun oleh karena sifat dari elemen radioaktif yang dilepaskan dari pembangkit tersebut yang memerlukan waktu yang sangat lama untuk dikendalikan (Www.chernobylguide.com). Ilustrasi ini menggambarkan bahwa risiko lingkungan memang lebih berupa dampak yang ditimbulkan dari berbagai tindakan seperti percobaan prosedur penanganan darurat dalam kasus Chernobyl di atas.



Sumber: [www.chernobylguide.com](http://www.chernobylguide.com)

Gambar 2.5  
Bencana Ledakan Nuklir Chernobyl

Jika risiko yang berkaitan dengan ekonomi lebih melibatkan individu dan keputusan yang berdampak pada individu, maka risiko lingkungan dalam perspektif lingkungan sering melibatkan barang publik seperti udara, air, hutan, dan laut. Sebagai contoh, meski suatu kawasan pertambangan dimiliki oleh perusahaan (*private sector*) yang menghasilkan barang privat (*private goods*), dampak yang ditimbulkan dari kegiatan pertambangan bisa melibatkan barang publik yaitu pembuangan tailing ke sungai, kebisingan, pencemaran udara, banjir akibat pembukaan kawasan hutan, dan berbagai implikasi lainnya terhadap ruang publik. Oleh karenanya, dalam perspektif lingkungan, risiko yang ditimbulkan sering melibatkan pemerintah atau lembaga yang lebih tinggi jika risiko yang muncul tersebut mencakup antarnegara seperti halnya

dampak pada perubahan iklim. Akibat konsern inilah, maka risiko lingkungan sering diatur secara kaku melalui regulasi dan berbagai instrumen lainnya agar dampak yang ditimbulkan pada publik dapat dikurangi.

Regulasi yang berkaitan dengan risiko lingkungan pertama kali dibuat pada tahun 1970-an di Amerika Serikat yaitu regulasi menyangkut penilaian risiko lingkungan. Regulasi yang dikeluarkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) bukan hanya terfokus pada sisi lingkungan semata, namun juga berkaitan dengan aspek sosial dan ekonomi. Regulasi ini kemudian dikembangkan lebih rinci dengan munculnya mandat pembentukan komisi analisis risiko dan manajemen risiko lingkungan pada tahun 1990-an.

Regulasi yang dikeluarkan Pemerintah Indonesia berkaitan dengan lingkungan hidup seperti yang dituangkan dalam Undang Undang Lingkungan Hidup 32/2009 yang juga mengadopsi prinsip-prinsip risiko lingkungan dan kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan melalui berbagai instrumen seperti Kajian Lingkungan Hidup Strategis (KLHS) dan Analisis Mengenai Dampak lingkungan (AMDAL) yang juga akan dikupas pada bagian *ex-ante* risiko lingkungan.

### C. EX-ANTE RISIKO LINGKUNGAN

#### 1. Ex-Ante Risiko Lingkungan Berbasis *Non-Monetary*

Pembahasan *ex-ante* risiko lingkungan dapat dikategorikan ke dalam dua kelompok umum yakni berbasis *non-monetary* dan berbasis *monetary*. Yang dimaksud dengan *ex-ante* risiko berbasis *non-monetary* adalah prinsip *ex-ante* risiko lingkungan yang tidak didasarkan pada satuan moneter atau satuan uang seperti rupiah, dollar atau mata uang lainnya. Sementara itu, *ex-ante* yang berbasis moneter diukur dalam satuan moneter yang biasanya diukur dari manfaat dan biaya yang ditimbulkan.

Salah satu prinsip *non-monetary* dari teori risiko yang berkaitan dengan lingkungan yang bersifat *ex-ante* adalah teori sensitivitas risiko (*risk-sensitivity theory*). Teori ini berkembang tahun 1980-an di ranah ekologi perilaku (*behavioural ecology*) dan ditemukan secara independen masing-masing oleh Caraco (1980) dan Real (1980). Kedua ilmuwan ini mengembangkan model perilaku makanan untuk hewan di alam terbuka dan ingin mengetahui bagaimana perilaku hewan tersebut dalam mencari makanan ketika menghadapi risiko. Percobaan dilakukan terhadap jenis burung tertentu yang mencari makan dan dihadapkan pada dua pilihan makanan. Pilihan pertama adalah makanan di salah satu ladang yang memiliki risiko yang ditunjukkan dengan keragaman yang tinggi terhadap kesediaan makanan, sedangkan pilihan kedua memiliki risiko yang rendah atau lebih pasti karena keragaman yang rendah. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa hewan dengan keseimbangan energi yang defisit (lebih banyak yang dikeluarkan dari pada yang disimpan untuk waktu istirahat) cenderung mencari makanan dengan risiko yang tinggi (keragaman yang tinggi) dibanding dengan hewan dengan keseimbangan energi yang surplus.

Hasil percobaan ini, meski dalam skala laboratorium, menunjukkan bahwa risiko dialami juga pada makhluk lain di alam terbuka dan strategi berkaitan dengan risiko bersifat *ex-ante* yakni menentukan keseimbangan energi yang dimiliki kemudian melakukan strategi terbaik untuk bertahan hidup. Hasil percobaan juga menunjukkan bahwa sebagian besar makhluk hidup di alam cenderung bersifat menghindari risiko (*risk-averse*) sebagai basis (*baseline*) ketika mengambil keputusan antara makanan dengan keragaman yang tinggi dan rendah, namun beralih menjadi *risk-taker* ketika menghadapi situasi bertahan hidup.

Teori sensitivitas risiko pada lingkungan yang terbuka cenderung berkaitan dengan survival (strategi bertahan hidup), strategi reproduktif dan keseimbangan (Mishra, 2014). Strategi survival dan reproduksi berkaitan erat satu sama lain karena tidak mungkin reproduksi bisa dilakukan jika makhluk hidup tidak bisa bertahan (survival). Teori ini juga memberikan pelajaran bahwa ketika makhluk di alam menghadapi risiko, maka mereka harus memiliki strategi yang bersifat *ex-ante*, yakni keputusan yang harus diambil sebelum melakukan tindakan.

Meski dari ranah biologi lingkungan, teori sensitivitas risiko memiliki basis yang kuat dan banyak didukung oleh bukti empiris, teori risiko ini memang masih sangat mikro dengan cakupan terbatas. Dalam konteks yang lebih luas, prinsip *ex-ante* yang berkaitan dengan risiko lingkungan, banyak dikembangkan melalui kebijakan dan strategi yang dilakukan untuk mengurangi risiko lingkungan melalui berbagai protokol atau metode baku yang telah diadopsi di berbagai negara.

Salah satu yang cukup populer berkaitan dengan prinsip *ex-ante* risiko lingkungan adalah apa yang dikenal dengan *Strategic Environmental Assessment* (SEA), atau di Indonesia dikenal dengan KLHS (Kajian Lingkungan Hidup Strategis). SEA merupakan terminologi generik yang digunakan di berbagai negara berkaitan dengan *ex-ante* risiko lingkungan yang ditujukan untuk meminimalkan potensi dampak negatif terhadap lingkungan atau memaksimalkan potensi positif dampak lingkungan. Demikian juga halnya dengan KLHS yang mengadopsi prinsip SEA. KLHS ditujukan untuk memastikan bahwa pembangunan mengadopsi prinsip keberlanjutan dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Meski tidak secara eksplisit disebut sebagai prinsip *ex-ante* risiko lingkungan, baik SEA dan KLHS mengandung prinsip mengurangi risiko lingkungan sebelum suatu kegiatan, program atau kebijakan dijalankan (*ex-ante*).

Instrumen lain yang menggambarkan prinsip *ex-ante* risiko lingkungan adalah *Environmental Impact Assessment* (EIA) atau di Indonesia dikenal dengan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL). Jika ruang lingkup KLHS adalah pada kebijakan, rencana atau program, maka AMDAL merupakan instrumen yang diterapkan pada tingkat proyek. EIA dan AMDAL ditujukan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dan sosial dari suatu proyek sebelum proyek tersebut dijalankan. Lebih rinci mengenai KLHS dan AMDAL dapat dibaca pada aturan-aturan atau regulasi yang berkaitan dengan keduanya di berbagai sumber.

Perspektif *ex-ante* risiko lingkungan yang juga fokus pada dampak dan hampir mirip dengan EIA atau SEA adalah *Live Cycle Analysis* (LCA). Jika SEA atau EIA fokus pada dampak langsung terhadap lingkungan, LCA fokus pada siklus hidup (*life cycle*) dampak dari kegiatan dan produk yang digunakan dalam suatu proyek. Misalnya saja ketika suatu industri kemasan akan dibangun, maka pilihan kemasan yang akan digunakan mungkin berupa plastik, kaleng atau kardus. LCA melihat siklus dari bahan kemasan tersebut dari mulai bahan baku yang dibutuhkan (misalnya kayu, logam, plastik dan sebagainya) sampai kepada bagaimana kemasan tersebut dibuang dan dampaknya terhadap lingkungan. Melalui LCA, risiko lingkungan diperhitungkan dari sejak bahan baku diambil sampai kembali ke alam.

Penerapan prinsip *ex-ante* risiko lingkungan juga ditemukan pada *Comparative Risk Assessment* (CRA). CRA pada prinsipnya mengakomodasi risiko lingkungan melalui perbandingan pilihan alternatif (opsi-opsi) proyek atau kebijakan yang memiliki risiko lingkungan dan opsi yang tidak atau sedikit memiliki risiko lingkungan. Tujuan dari CRA adalah memilih opsi atau kebijakan yang memiliki risiko lingkungan paling rendah atau paling kecil. Misalnya saja ketika pemerintah akan membangun pembangkit listrik berbasis nuklir (PLTN), atau pembangkit listrik berbasis batu bara (PLTU), maka risiko dari keduanya bisa di"normalisasi" melalui satu indikator misalnya jumlah korban jiwa yang ditimbulkan per satuan kWh, atau habitat yang rusak per kWh yang dihasilkan, atau jenis kerusakan lingkungan lainnya. Dengan demikian, risiko lingkungan bisa dimasukkan ke dalam opsi proyek dengan satuan yang sama (OECD, 2018).

Selain dari beberapa prinsip *ex-ante* risiko yang telah disajikan di atas, ada beberapa instrumen *ex-ante* risiko yang berbasis aturan atau regulasi yakni *Safe Minimum Standard of Conservation* (SMS) dan *Environmental Performance Bond* (EPB). SMS atau standar minimum keselamatan konservasi umumnya digunakan ketika pengambil keputusan tidak memiliki informasi berkaitan dengan risiko dan ketidakpastian terhadap suatu intervensi kebijakan yang berdampak terhadap lingkungan, misalnya perubahan suatu kawasan yang akan dikenakan proyek pembangunan. Dengan kata lain, SMS merupakan prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*) dalam mengurangi risiko lingkungan. Jika suatu kawasan hutan yang memiliki keanekaragaman yang tinggi akan dibuka menjadi area tambang, dan pengambil kebijakan tidak memiliki informasi terkait dengan besaran dampak lingkungan yang ditimbulkan, atau ada kekhawatiran yang tinggi terhadap punahnya spesies tertentu, maka SMS bisa diterapkan dengan menolak sama sekali pembukaan tambang tersebut. SMS juga bisa diterapkan, misalnya, untuk menentukan target kebijakan pencemaran. Pemerintah bisa saja menentukan target minimum yang ketat terhadap pencemaran misalnya, sehingga ancaman terhadap lingkungan dan risiko yang ditimbulkan bisa dieliminasi.

Hampir sama dengan SMS, *Environmental Performance Bond* juga didasarkan pada prinsip kehati-hatian. EPB adalah semacam dana jaminan lingkungan di mana

sebuah perusahaan yang akan melakukan proyek atau pekerjaan yang berisiko terhadap lingkungan, harus menempatkan dana jaminan lingkungan kepada pemerintah. Dana ini bisa dikembalikan sebagian jika tidak terjadi kerusakan yang berarti. Sebaliknya dana jaminan ini akan digunakan manakala terjadi kerusakan lingkungan yang menimbulkan risiko terhadap lingkungan dan manusia.

## 2. *Ex-Ante* Risiko Lingkungan Berbasis *Monetary*

Beberapa prinsip pertimbangan risiko *ex-ante* yang telah kita diskusikan di atas dilakukan berdasarkan ukuran atau besaran yang ditimbulkan baik secara kualitatif maupun kuantitatif melalui ukuran biofisik yang telah distandardisasi (seperti korban jiwa per kWh dalam ilustrasi di atas) atau ukuran lainnya. Ukuran risiko lingkungan juga bisa diukur melalui standardisasi moneter (ukuran rupiah atau satuan uang lainnya) melalui beberapa pendekatan di antaranya adalah *Risk-Benefit Analysis* (RBA), *Risk-Risk Analysis* (RRA) dan *Extended Cost-Benefit Analysis (Environmental Cost Benefit Analysis)*.

*Risk-Benefit Analysis* (RBA) pada prinsipnya mengadopsi risiko dalam perencanaan proyek atau kebijakan dengan menganggap risiko sebagai “biaya”. Jadi dalam mempertimbangkan apakah suatu proyek atau kebijakan akan dijalankan atau tidak, didasarkan pada perhitungan bahwa manfaat minus biaya minus risiko harus positif atau lebih besar dari nol (atau secara sederhana bisa ditulis  $[B - C - R] > 0$ ) di mana B adalah manfaat, C adalah biaya dan R adalah risiko yang semuanya diukur dalam satuan moneter (rupiah).

Jika pada RBA, risiko diperhitungkan sebagai salah satu komponen biaya secara eksplisit, dalam *Risk-Risk Analysis* (RRA) komponen risiko diperhitungkan sebagai biaya secara implisit melalui skenario “*with or without*” (dengan atau tanpa). Misalnya saja jika ada dua pilihan kebijakan yang satu memiliki risiko lingkungan yang tinggi (misalnya kebijakan A) yang lain memiliki risiko rendah (misalnya kebijakan B), maka ketika kebijakan A dipilih akan menyebabkan biaya yang tinggi, atau tidak dipilihnya kebijakan B secara implisit akan menyebabkan biaya yang tinggi dari pada dijalankannya kebijakan A. Dengan kata lain pada RRA, setiap pilihan atau kebijakan memiliki risiko dengan derajat yang berbeda dan digambarkan dari biaya tambahan (biaya risiko) dari dipilih atau tidak dipilihnya kebijakan tersebut.

Penggunaan ukuran moneter dari risiko dalam konteks manfaat dan biaya, juga ditemukan pada *Extended Cost-Benefit Analysis* (ECBA), atau sering juga dikenal dengan *Environmental Cost-Benefit Analysis* (OECD, 2018). Pendekatan ini mengakomodasi berbagai risiko lingkungan yang sebelumnya tidak dimasukkan ke dalam pendekatan analisis biaya manfaat konvensional.

*Cost Benefit Analysis* (CBA) atau dikenal dengan Analisis Biaya dan Manfaat adalah metode yang umum digunakan untuk menghitung aspek manfaat dan biaya dari suatu proyek yang akan dikerjakan dalam kurun waktu mendatang (*ex-ante*). Dalam perhitungan CBA yang konvensional, manfaat dan biaya yang dihitung dalam mata

uang (rupiah atau mata uang lainnya) sebatas manfaat dan biaya finansial dan ekonomi dari proyek yang akan dibangun. Sementara itu, setiap proyek yang akan dikerjakan akan berdampak pada lingkungan sekitar, misalnya air yang akan tercemari atau lahan yang terdegradasi, kehilangan fungsi ekosistem dan berbagai macam kerugian lingkungan yang dikenal dengan eksternalitas negatif. Misalnya saja proyek pembangkit listrik dengan menggunakan batu bara bisa saja akan memberikan manfaat finansial dari listrik yang dihasilkan, namun risiko pencemaran yang ditimbulkan dari pembakaran batu bara atau penggalian tambang batu bara sebagai bahan baku energi tidak masuk ke dalam penghitungan analisis biaya manfaat. Dengan kata lain, dalam penghitungan CBA konvensional, dampak negatif terhadap lingkungan tersebut tidak dimasukkan ke dalam arus manfaat dan biaya dalam penghitungan CBA. Padahal, dampak lingkungan yang ditimbulkan akan menimbulkan risiko bukan hanya terhadap lingkungan itu sendiri, namun juga terhadap kegiatan ekonomi dari proyek tersebut.

Untuk mengatasi kekurangan dan kelemahan ini, *Extended Cost-Benefit Analysis* digunakan dengan mengakomodasi eksternalitas lingkungan yang menimbulkan risiko baik finansial maupun sosial. Awalnya risiko lingkungan ini dimasukkan secara kualitatif ke dalam analisis biaya manfaat tradisional, kemudian dalam perkembangannya pendekatan yang lebih komprehensif dibangun untuk “menangkap” secara kuantitatif risiko lingkungan yang mungkin ditimbulkan oleh proyek yang akan dilakukan di masa mendatang (Dixon, 2012).

Sama halnya dengan RBA, kuantifikasi risiko dalam ECBA juga dilakukan dengan memasukkan biaya eksternalitas lingkungan dalam penghitungan analisis biaya manfaat. Jadi, jika dalam CBA konvensional, manfaat suatu proyek dalam periode waktu tertentu diukur dengan *net present value* (NPV) yang merupakan selisih antara manfaat yang didiskonto (*discounted benefit* atau Bd) dikurangi dengan biaya yang didiskonto (*discounted cost* atau Cd), atau secara matematis ditulis sebagai berikut:  $NPV = Bd - Cd$ . Oleh karena itu, dalam ECBA, *net present value* tersebut kemudian dimodifikasi dengan mengakomodasi dampak lingkungan sehingga menjadi:  $NPVe = Bd - Cd - EC$ , di mana EC adalah *net present value* dari dampak lingkungan selama usia proyek. Dengan kata lain, *net present value* yang sudah menghitung risiko lingkungan atau NPVe adalah selisih antara NPV konvensional dan dampak lingkungan, atau ditulis:  $NPVe = NPV - EC$ . Dengan menggunakan prinsip di atas, suatu proyek dapat dijalankan jika  $NPV = Bd - Cd > EC$ .

Salah satu argumentasi mendasar dari ECBA adalah berkaitan dengan risiko dan ketidakpastian. Manfaat yang akan dinikmati oleh individu ataupun masyarakat di masa mendatang tidak sepenuhnya diketahui dengan pasti. Demikian juga biaya yang dikeluarkan tidak sepenuhnya “*risk-free*” (bebas risiko). Pada pendekatan analisis biaya manfaat konvensional, risiko dan ketidakpastian ini umumnya diakomodasi melalui analisis sensitivitas perubahan tingkat suku bunga atau *discount rate* (akan dibahas lebih rinci pada modul lain dalam buku ini). Namun demikian risiko lingkungan yang ditimbulkan tidak sepenuhnya tergambar dari perubahan tingkat suku bunga karena

risiko lingkungan sangat bervariasi dalam dimensi ruang dan waktu. Dampak lingkungan dari suatu proyek, mungkin akan menimbulkan risiko beberapa tahun kemudian. Bisa saja ketika proyek pembangunan sudah selesai, maka risiko lingkungan baru dirasakan, sementara suku bunga yang digunakan pada saat melakukan analisis proyek, lebih menggambarkan risiko finansial yang akan terjadi.

Selain dari catatan di atas, penggunaan ECBA juga memiliki beberapa kelemahan terkait dengan hal-hal berikut (Perman *et al.*, 2003).

- a. Individu atau masyarakat mungkin tidak memiliki cukup informasi terkait dengan dampak lingkungan yang ditimbulkan.
- b. Individu atau masyarakat mungkin tidak memiliki cukup pengetahuan sehingga mereka tidak secara obyektif dan pasti mengaitkan antara manfaat proyek dari sisi ekonomi dan dampaknya terhadap lingkungan. Sebagian masyarakat mungkin menganggap dampak lingkungan seperti macet, kerusakan lahan dan berkurangnya keanekaragaman hayati, bukan menjadi perhatian mereka karena mereka tidak memiliki pengetahuan tentang pentingnya dampak lingkungan tersebut terhadap masyarakat.
- c. Preferensi masyarakat mungkin tidak mencerminkan interes mereka karena ketika proyek akan dikerjakan, sudah dilakukan sosialisasi terlebih dahulu sehingga masyarakat sudah di“*framing*” bahwa dampak lingkungan dan risiko yang ditimbulkan dianggap minimal dan bahkan mungkin dianggap bisa diabaikan.

Dalam prakteknya, memasukkan risiko lingkungan ke dalam *ex-ante* analisis biaya manfaat lingkungan dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu yang umum digunakan adalah menggabungkan penghitungan valuasi ekonomi (akan dibahas pada modul lain dalam buku ini) sumber daya alam dan lingkungan, yang kemudian menjadi bagian dalam penghitungan analisis biaya manfaat dari suatu proyek. Valuasi ekonomi umumnya mencakup jasa lingkungan yang tidak tercermin dalam transaksi di pasar sehingga akan menimbulkan *undervaluation* dari jasa lingkungan. Sebagai contoh, industri air minum dalam kemasan yang akan dibangun dengan memanfaatkan mata air di wilayah pegunungan, akan cenderung mengabaikan peran jasa lingkungan dalam hal ini ekosistem hutan dan sekitarnya yang menyediakan mata air bagi industri itu sendiri. Fungsi ekosistem yang disebut sebagai “*regulating services*” atau fungsi pengaturan ekosistem tidak tercermin dalam transaksi ekonomi, sehingga ketika hutan rusak bukan hanya fungsi pengaturan air yang hilang, namun juga akan berisiko pada aspek finansial dari industri, serta risiko sosial dan lingkungan pada masyarakat.

Pendekatan valuasi ekonomi total yang digunakan dalam ECBA juga mampu menangkap risiko lain dari hilangnya fungsi ekosistem lainnya seperti pelayanan habitat (*habitat services*) dan layanan budaya (*cultural services*). Suatu ekosistem hutan misalnya selain menyediakan komoditas untuk kebutuhan manusia, juga menyediakan fungsi habitat seperti tempat berkembang biak hewan dan fungsi rekreasi bagi masyarakat. Risiko yang ditimbulkan dari suatu proyek pada fungsi-fungsi tersebut

tidak dimasukkan dalam penghitungan analisis biaya dan manfaat proyek, namun bisa diketahui melalui valuasi ekonomi jasa lingkungan.

Selain dari beberapa prinsip-prinsip *ex-ante* risiko lingkungan yang telah dibahas di atas, tentu banyak prinsip *ex-ante* risiko lingkungan yang sudah diterapkan di berbagai bidang seperti industri, kesehatan, makanan, energi dan lain sebagainya. Masing-masing bidang tersebut tentu memiliki pertimbangan-pertimbangan spesifik dan tata cara tertentu untuk mengakomodasi risiko lingkungan sebelum proyek atau kebijakan dijalankan. Pembahasan berkaitan dengan bidang-bidang tersebut tentu di luar ruang lingkup modul ini. Pembaca dipersilahkan mencari literatur-literatur yang berkaitan dengan bidang-bidang tersebut jika diperlukan untuk memperdalam pemahamannya.

#### D. *EX-POST* RISIKO LINGKUNGAN

Pada bagian C telah kita bahas perspektif risiko lingkungan yang dilihat sebelum suatu proyek atau kebijakan dijalankan atau yang dikenal dengan *ex-ante*. Pada bagian ini akan dibahas perspektif risiko lingkungan yang dilihat dari dampak yang sudah terjadi atau ketika suatu kegiatan, proyek atau kebijakan tidak berdampak terhadap lingkungan, atau dikenal dengan *ex-post* risiko lingkungan.

Sebagaimana telah dikupas pada Modul 1, permasalahan risiko lingkungan terjadi dalam kurun waktu yang cukup lama dengan berbagai skala dan dimensi yang berbeda. Namun demikian, persepsi risiko lingkungan dan dampaknya terhadap kehidupan yang lebih luas mulai menguat ketika Rachel Carson mempublikasikan buku berjudul “*Silent Spring*” pada tahun 1962. Buku ini menggambarkan bagaimana penggunaan pestisida yang masif di berbagai negara (khususnya Amerika pada saat mengembangkan intensifikasi pertanian), berdampak sangat serius terhadap lingkungan, dan menimbulkan risiko yang cukup besar bukan hanya pada ekosistem pertanian, namun juga dampaknya pada manusia. Untuk menghadapi risiko dari pestisida, hama serangga kemudian beradaptasi melalui prinsip survival sebagaimana telah dijelaskan pada teori sensitivitas risiko. Mereka tumbuh dengan jumlah yang makin banyak karena telah beradaptasi dengan racun dan kerusakan yang ditimbulkan pada lingkungan, tanaman, hewan dan manusia, dan mereka bertahan dalam kurun waktu yang cukup lama dan sering berakibat fatal (Burgess, 2018).

“*Silent Spring*” merupakan salah satu peringatan yang membangkitkan pentingnya pemahaman risiko lingkungan dan dampaknya terhadap lingkungan dan manusia. Jika “*Silent Spring*” lebih banyak memfokuskan pada penggunaan pestisida dan dampaknya terhadap pertanian, di jaman modern ini tentu bukan hanya limbah dari pertanian yang banyak menimbulkan risiko lingkungan dan kesehatan. Beberapa dekade belakangan menunjukkan limbah plastik kini menjadi ancaman yang cukup serius bagi lingkungan dan manusia. Demikian juga limbah padat (*solid waste*) dan limbah cair (*liquid waste*) yang dibuang ke sungai atau perairan terbuka merupakan ancaman nyata

yang menimbulkan risiko lingkungan yang sangat serius di masa mendatang. Oleh karenanya, *ex-post* risiko lingkungan kini banyak menekankan pada konsekuensi atau dampak yang ditimbulkan dari kegiatan atau tindakan manusia dan risiko yang ditimbulkan terhadap lingkungan, dan pada akhirnya kembali ke risiko yang akan dirasakan oleh manusia.

Dalam perspektif *ex-post*, meski tidak ada protokol yang baku untuk menganalisis risiko lingkungan, secara generik memiliki platform yang sama yakni fokus pada dampak dan penentuan kriteria yang akan digunakan sebagai alat ukur dan ambang batas seberapa besar risiko dapat diterima atau ditolelir. Ambang batas ini tentu akan berbeda untuk setiap kriteria biofisik seperti lahan, udara, air atau spesies flora dan fauna. Oleh karenanya, setiap negara umumnya memiliki kriteria ambang batas tersebut sesuai dengan kondisi wilayah dan ekosistem masing-masing.

Secara umum dalam *ex-post* risiko lingkungan, minimal ada tiga hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan dampak terhadap lingkungan dan risiko yang ditimbulkan.

- a. Aspek lingkungan (*environmental aspects*). Misalnya saja ketika menganalisis risiko lingkungan dari dampak yang ditimbulkan oleh industri di wilayah daerah aliran sungai, aspek lingkungan bisa saja berupa kualitas perairan di wilayah hulu, tengah dan hilir. Atau bisa juga dilihat dari tumbuhan dan hewan akuatik yang terdampak dan menimbulkan risiko pada kesehatan manusia.
- b. Indikator lingkungan. Indikator lingkungan atau kriteria yang akan menjadi instrumen evaluasi risiko bisa berupa kriteria biofisik seperti BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), *Total Suspended Solid* (TSS), atau kerapatan tumbuhan akuatik per satuan luas dan waktu.
- c. Kriteria evaluasi risiko lingkungan. Kriteria ini menyangkut beberapa aspek antara lain relevansi, efektifitas dan sebagainya. Tabel 2.1 menyajikan beberapa kriteria evaluasi yang umum digunakan.

Tabel 2.1  
Kriteria Evaluasi *Ex-Post* Risiko Lingkungan

Kriteria Evaluasi	Keterangan
Relevansi	Relevansi antara risiko dari proyek yang dianalisis dengan alternatif proyek lainnya dan juga dari sumber literatur. Relevansi ini biasanya diberikan skor dari 1 (tidak memuaskan atau <i>unsatisfactory</i> ) sampai 4 (sangat memuaskan/ <i>very satisfactory</i> ).
Efektivitas	Kriteria ini membandingkan dampak perubahan lingkungan dari <i>baseline</i> (Vbl) ke nilai pada saat dilakukan penghitungan <i>ex-post</i> (Vex) terhadap nilai acuan atau <i>benchmark</i> (Vref).

Kriteria Evaluasi	Keterangan
Efisiensi	Kriteria ini diukur berdasarkan sumber daya ekonomi dan waktu yang digunakan pada saat penilaian dampak ( <i>ex-post</i> ) dengan dokumen perencanaan dari proyek ( <i>ex-ante</i> ).
Sustainabilitas	Kriteria ini bisa mengacu ke aspek <i>triple bottom line</i> (ekonomi, lingkungan, sosial) atau bisa juga mengacu pada kapasitas kelembagaan dalam merencanakan, melaksanakan dan mengevaluasi dampak proyek.

### Implementasi *Ex-Post* Risiko Lingkungan

Dalam implementasinya, prinsip analisis *ex-post* risiko lingkungan bisa dilakukan dengan berbagai cara, termasuk menggunakan teknik-teknik analisis risiko yang digunakan pada tahap *ex-ante* seperti *Environmental Risk Assessment* (ERA) atau *Ecological Risk Assessment* (EcoRa) yang lebih spesifik dibandingkan ERA. EcoRa dimulai tahun 1983 dengan munculnya laporan dari *National Research Council* di Amerika yang berjudul “*Risk Assessment in the Federal Government: Managing the Process*” atau dikenal juga dengan istilah the “*Red Book*” atau “Buku Merah”. Dokumen ini kemudian disempurnakan dan dikembangkan lebih jauh pada tahun 1990-an.

*Ecological Risk Assessment* (EcoRa) dirancang untuk menilai dampak buruk ekosistem yang ditimbulkan oleh gangguan pada komponen fisik, biologi dan kimiawi yang disebabkan oleh kegiatan manusia (*human-induced*). Penilaian ini tidak hanya terbatas pada besaran dampak, namun juga perubahan-perubahan fungsi-fungsi ekosistem yang mungkin terjadi. *Ecological Risk Assessment* (EcoRa) ini kemudian berkembang lebih luas saat ini sebagai basis dalam menilai besaran risiko yang ditimbulkan pada lingkungan. Salah satu hal yang membedakan *Environmental Risk Assessment* (ERA) dan *Ecological Risk Assessment* (EcoRa) adalah EcoRa fokus pada aspek ekologi dan tidak konsern terhadap dampak yang ditimbulkan pada manusia. Tabel 2.2 menunjukkan beberapa perbedaan antara ERA dan EcoRa yang disarikan dari Fargasova (2016) dan Bartell (2008).

Aspek kunci lainnya dari EcoRa adalah menyangkut metode yang digunakan. Ada dua metode yang digunakan dalam EcoRa. Pertama adalah *Cumulative Risk Assessment* yang berfokus pada pengintegrasian *multiple stressor* (faktor penekan) pada ekologi, dan juga opsi-opsi penanganan yang ditawarkan. Metode kedua adalah *Relative Risk Assessment* yang menggunakan sistem ranking untuk mengidentifikasi *stressor* dan dampaknya terhadap ekologi.

Tabel 2.2  
Perbedaan Antara ERA dan EcoRa

	ERA	EcoRa
Konsern	Risiko dan dampak pada lingkungan yang lebih luas, termasuk dampak terhadap manusia (seluruh ekosistem).	Risiko dan dampak pada ekologi (hewan dan tumbuhan) yang disebabkan oleh bahan beracun dan berbahaya.
Input	Hampir semua penyebab kerusakan lingkungan.	Fokus pada <i>stressor</i> (kimia, fisik dan biologi).
Output	Untuk keperluan yang lebih luas seperti restorasi dan kompensasi .	Untuk mendukung regulasi dan menentukan <i>benchmark</i> .
Identifikasi ketidakpastian	Tidak spesifik.	Secara spesifik diperhitungkan dalam kerangka penilaian.

Bentuk implementasi lain dari *ex-post* risiko lingkungan adalah melalui valuasi ekonomi jasa lingkungan. Valuasi ekonomi tidak saja bisa digunakan dalam analisis *ex-ante* risiko lingkungan, namun juga bisa dalam konteks *ex-post* risiko lingkungan. Penggunaan valuasi ekonomi dalam kasus risiko lingkungan yang bersifat *ex-post* pernah digunakan pada saat terjadi kecelakaan tumpahan minyak oleh kapal tanker Exxon Valdez di Alaska yang menumpahakan 11 juta galon minyak mentah. Dampak dari tumpahan minyak tersebut menimbulkan risiko lingkungan yang cukup besar di wilayah Alaska. Salah satu cara untuk menentukan besaran risiko paska tumpahan minyak tersebut adalah melalui valuasi ekonomi yang dilakukan melalui survei kemauan membayar (*willingness to pay*) masyarakat untuk mengembalikan ekosistem ke kondisi semula.

Selain dari valuasi ekonomi, instrumen yang juga cukup populer untuk melakukan *ex-post* risiko lingkungan adalah melalui penilaian multi kriteria (*Multi Criteria Analysis* atau MCA). Dalam MCA, membandingkan beberapa opsi atau proyek dengan beberapa kriteria (atau sering juga disebut sebagai indikator) di mana salah satu atau lebih kriteria yang dianalisis berkaitan dengan risiko lingkungan. Misalnya saja kriteria pencemaran air atau degradasi lahan bisa menjadi kriteria sebagai proxy dari risiko lingkungan. Hasil analisis MCA kemudian akan menentukan opsi-opsi mana yang terbaik dengan pertimbangan risiko lingkungan tersebut. Pendekatan MCA dalam analisis risiko lingkungan ini akan dibahas lebih rinci pada Modul 8.

Instrumen yang umum digunakan untuk analisis risiko adalah penggunaan metode analisis risiko yang baku seperti *Fault Tree Analysis* (FTE), *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA), dan *Bow-Tie Analysis* (BTE). Metode-metode tersebut merupakan metode baku dalam analisis risiko yang banyak digunakan dalam berbagai

kasus, baik yang lebih umum maupun secara khusus pada analisis risiko lingkungan. Pembahasan pendekatan ini akan dikupas secara lebih rinci pada Modul 7.

Implementasi *ex-post* risiko lingkungan pada dasarnya bisa juga dilakukan melalui beberapa metode analisis yang lebih umum selama di dalam analisisnya mengandung indikator risiko atau dampak lingkungan. Misalnya saja pada pemograman tujuan (*goal programming*), analisis *ex-post* risiko bisa dilakukan dengan menggunakan salah satu tujuan yaitu tujuan meminimumkan risiko dengan mengacu pada ambang batas yang telah ditentukan. Demikian juga dengan pemograman matematika seperti pemograman linier (*linear programming*), pemograman non-linier (*non-linear programming*), dan berbagai variasinya. Indikator risiko bisa dimasukkan ke dalam salah satu indikator dalam memaksimalkan tujuan (maksimisasi manfaat atau minimisasi biaya).



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa yang membedakan risiko ekonomi dan risiko lingkungan dilihat dari dampak yang ditimbulkan?
- 2) Mengapa KLHS dan AMDAL dapat dianggap sebagai instrumen *ex-ante* risiko?
- 3) Bagaimana *Environmental Cost-Benefit Analysis* (ECBA) diterapkan dalam analisis risiko?

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Perhatikan perbedaan antara *private goods* dan *public goods*.
- 2) Pelajari beberapa regulasi berkaitan dengan KLHS dan AMDAL, catat beberapa indikator yang mengindikasikan komponen risiko lingkungan.
- 3) Cari bahan-bahan dari internet tentang penerapan ECBA di berbagai bidang (misalnya terkait dengan *green growth* di Indonesia).



### Rangkuman

Risiko dalam perspektif lingkungan lebih banyak menekankan pada risiko dan dampak yang terjadi pada publik (masyarakat) dan lingkungan itu sendiri. Sebagian besar dari sumber daya alam dan lingkungan merupakan barang publik di mana kemungkinan terjadinya eksternalitas negatif cukup besar dan dampaknya terhadap kesehatan dan kesejahteraan masyarakat menjadi relatif lebih luas.

Risiko dalam persepektif lingkungan bisa dilihat dari sisi *ex-ante* yakni melihat risiko sebelum suatu kebijakan, program atau proyek dilaksanakan, atau dari sisi *ex-post* ketika kebijakan, program atau proyek tersebut sudah dilaksanakan. Instrumen-instrumen risiko berbasis *ex-ante* bisa dilihat dari perhitungan berbasis dampak biofisik (*non-monetary*) atau menggunakan denominasi umum (*common denominator*) dalam bentuk nilai yang diuangkan. Kedua pendekatan tersebut tentu memiliki kelebihan dan kekurangan dan bisa melengkapi satu sama lain. Pendekatan *ex-post* lebih memfokuskan pada aspek dampak yang diukur melalui berbagai indikator atau kriteria, dan setiap pengukuran dampak memiliki kriteria relevansi, efisiensi, efektifitas, dan sustainabilitas.



### Tes Formatif 2

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan perbedaan *monetary* dan *non-moneatry ex-ante* risiko !
- 2) Jelaskan perbedaan *ex-ante* risiko pada *Life Cycle Analysis* dengan *ex-ante* risiko lingkungan lainnya !
- 3) Sebutkan beberapa instrumen *ex-ante* risiko berbasis *monetary*!
- 4) Sebutkan kriteria yang diperlukan untuk mengukur risiko lingkungan berbasis *ex-post* !
- 5) Jelaskan perbedaan ERA dan EcoRA dalam analisis risiko lingkungan *ex-post* !

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. *Expected Utility Theory* (Teori utilitas harapan).
2.  $EU = 250$  dan  $U(EV) = 196$ .
3.  $EU > U(EV)$ , *risk taker*.
4. Heuristic atau *rule of thumb* adalah keputusan berkaitan dengan risiko yang didasarkan pada penilaian Anda sebelumnya tanpa memperhitungkan peluang kejadian.

### *Tes Formatif 2*

1. Dalam *monetary*, dampak risiko diukur dengan satuan mata uang, sementara dalam *non-monetary* diukur dalam satuan biofisik.
2. *Life Cycle Analysis* (LCA) mengukur risiko dengan memfokuskan pada siklus hidup (*life cycle*) dampak dari kegiatan, produk yang digunakan dalam suatu proyek atau kegiatan.
3. *Ex-ante* risiko berbasis *monetary*, *Extended Cost-Benefit Analysis* (*Environmental Cost-Benefit Analysis*) dan *Total Economic Valuation* (TEV).
4. Relevansi, *efektifitas* (*effectiveness*), efisiensi, *sustainability* (keberlanjutan).
5. Perhatikan Tabel 2.2.

## Daftar Pustaka

- Bartell, S. M. (2008). Ecological risk assessment. In S. E. Jorgensen & B. D. Fath (Eds). *Encyclopedia of ecology*. Elsevier. Amsterdam. The Netherland.
- Burgess., A. (2019). Environmental risk narratives in historical perspective: From early warnings to 'risk society' blame. *Journal of Risk Research*. DOI: 10.1080/13669877.2018.1517383.
- Carson, R. (1962). *Silent spring*. New York: Houghton Mifflin Co.
- Caraco, T. (1980). On foraging time allocation in a stochastic environment. *Ecology* 61,119-128.
- Dixon, J. A. (2012). Economic cost-benefit analysis (cba) of project environmental impacts and mitigation measures: Implementation guideline. *IDB Technical Note* 428.
- Fargasova, A. (2016). Ecological risk assessment framework. *Acta Environmentalica Universitatis Comenianae (Bratislava)*, 24(1), 10-16.
- Gurjar, B. M., & Mohan, M. (2002). Environmental risk analysis: Problems, and perspective in different countries. *RISK: Health, Safety & Environment*, 13(1), 1-30.
- IDB (Inter-American Development Bank). (2010). *Ex post evaluation of the impact of the environmental mitigation measures for the porce II hydroelectric power plant project*. RE-383. Washington D.C. USA.
- Kahneman, F., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47, 263-91.
- Mehta, J. (2007). *Being economics: Perspectives on risk and ratioality*. Social Context and Responses to Risk Network (SCRR) Working Paper 2007/18. University Kent at Canterbury. UK.
- Mishra, S. (2014). Decision-making under risk: Integrating perspective from biology, economics and psychology. *Personality and Social Psychology Review*, 1-28.

OECD. (2018). *Cost-benefit analysis and the environment: Further developments and policy use*. Paris: OECD Publishing.

Perman, R., Ma, Y., Mcgilvray, J., & Common, M. (2003). *Natural resource and environmental economics*. UK: Pearson Education Limited.

Real, L. (1980). On uncertainty and the law of diminishing returns in evolution and behavior. In J. E. R. Staddon (ed.). *Limits to action: The allocation of individual behavior*, pp. 37—64. New York: Academic Press.

Tversky, A., & Kahneman, D. (1981). The framing of decisions and the psychology of choice. *Science*, 211(4481), 453-458.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 03

# Risiko, Hazard dan Kerentanan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 03</b>	<b>3.1</b>
Risiko, Hazard dan Kerentanan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	3.5
Konsep dan Pengertian tentang Hazard dan Kerentanan	
<b>Latihan</b>	3.16
<b>Rangkuman</b>	3.16
<b>Tes Formatif 1</b>	3.16
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	3.17
Keterkaitan antara Risiko, Hazard dan Kerentanan	
<b>Latihan</b>	3.27
<b>Rangkuman</b>	3.28
<b>Tes Formatif 2</b>	3.28
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	3.29
<b>Daftar Pustaka</b>	3.30



## Pendahuluan

Pada Modul 1 dan 2, kita telah membahas konsep risiko dan ketidakpastian secara rinci baik dalam konteks spesifik lingkungan maupun dalam konteks yang lebih luas. Pada modul 2, kita juga telah membahas beberapa aspek risiko dari perspektif *ex-ante* dan dari perspektif *ex-post* serta beberapa instrumen yang digunakan untuk melihat risiko dari kedua perspektif tersebut. Pada bagian ini kita akan mengaitkan konsep risiko dan kaitannya dengan konsep *hazard* dan kerentanan. Secara umum, keterkaitan antara risiko, *hazard* dan kerentanan bukan hanya sebatas pada risiko lingkungan, tetapi juga pada berbagai bidang. Sebagai contoh dalam kasus Covid-19 misalnya, risiko tertularnya covid ada kecenderungan berkorelasi dengan mereka yang rentan seperti usia tua atau memiliki penyakit lain. Jadi kerentanan akan meningkatkan risiko. Demikian juga dengan *hazard* atau bahaya. Jika kita tidak melakukan protokol kesehatan misalnya, maka akan terekspos dengan *hazard* (bahaya) sehingga meningkatkan risiko tertularnya Covid-19. Modul ini akan mengaitkan ketiga konsep tersebut secara keseluruhan.

Pada bagian pertama akan dibahas terlebih dahulu konsep *hazard* dan kerentanan, serta kaitannya dengan analisis risiko. Bagian ini akan membahas definisi dan berbagai aspek yang berkaitan dengan bencana, perubahan iklim dan pembangunan secara umum. Selain itu akan dibahas beberapa mazhab atau *school of thought* tentang kerentanan serta berbagai dimensi kerentanan baik dari aspek biofisik maupun sosial ekonomi. Keterkaitan antara risiko, *hazard* dan kerentanan, akan dikupas setelah Anda memahami secara komprehensif pengertian tiga konsep tersebut.

Dalam analisis risiko, beberapa terminologi seperti risiko, *hazard*, kerentanan, kelentingan atau kelenturan (*resilience*), adaptasi, *exposure*, bencana (*disaster*) dan berbagai macam istilah yang berkaitan dengan risiko dan bencana, sering muncul secara bersamaan. Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan yang kuat satu sama lain di antara berbagai istilah tersebut. Namun demikian, berbagai macam definisi sering mengemuka di berbagai literatur dengan pengertian yang sangat beragam. Pengertian risiko, *hazard* dan kerentanan dari aspek manajerial perusahaan misalnya, tentu akan berbeda dengan pengertian dalam konteks bencana. Demikian juga pengertian risiko dalam konteks industri tidak sepenuhnya sama dengan konteks pengelolaan lingkungan. Oleh karenanya, dalam modul ini akan diberikan beberapa pengertian yang sering digunakan dalam berbagai macam analisis risiko dan bencana serta dalam konteks perubahan iklim, karena hal-hal tersebut erat kaitannya dengan aspek lingkungan yang menjadi konsern modul ini.

Setelah mempelajari modul ini, diharapkan Anda dapat memahami secara lebih komprehensif berkaitan dengan berikut ini.

1. Konsep *hazard* dari berbagai perspektif.
2. Keterkaitan *hazard* dengan risiko.

3. *Hazard* dari perspektif multi *hazard*.
4. Konsep kerentanan dan berbagai mazhab terkait dengan konsep kerentanan.
5. Keterkaitan antara risiko *hazard* dan kerentanan.

# Konsep dan Pengertian tentang Hazard dan Kerentanan

Untuk memahami kerentanan, kita harus terlebih dahulu memahami konsep tentang *hazard*. Sampai saat ini memang belum ada padanan yang pas dalam Bahasa Indonesia untuk menerjemahkan *hazard* ke dalam Bahasa Indonesia. Meski sebagian diartikan sebagai “bahaya”, namun terjemahan ini pun belum sepenuhnya menggambarkan arti *hazard* yang sebenarnya. Oleh karenanya, dalam literatur analisis risiko lingkungan terminologi *hazard* masih digunakan sebagaimana aslinya dalam Bahasa Inggris.

## A. HAZARD

Dalam konteks analisis risiko, *hazard* menjadi pra-kondisi terjadinya bencana karena bencana dipicu oleh adanya *hazard*. Dengan demikian, meski ada kaitannya dengan kejadian (*event*), *hazard* berbeda dengan *event* dan risiko yang telah kita bahas pada Modul 1 dan Modul 2. *Hazard* bukan hanya berkaitan dengan *event*, namun juga berkaitan dengan fenomena dan kegiatan yang dilakukan manusia. Jika *event* mungkin saja tidak menimbulkan bahaya bagi individu atau masyarakat, maka *hazard* memiliki potensi membahayakan manusia, kepemilikan atau lingkungan (Schneiderbauer dan Ehrlich, 2004). Dengan demikian, *hazard* dapat diartikan sebagai “kejadian atau fenomena dan aktivitas manusia yang berpotensi merusak secara fisik, yang bisa menimbulkan kerugian, kerusakan properti, gangguan sosial-ekonomi atau degradasi lingkungan (UNISDR, 2004; Schneiderbauer dan Ehrlich, 2004). Definisi *hazard* di atas kurang lebih senada dengan pengertian *hazard* yang dikeluarkan oleh IPCC 5th AR (*Assessment Report*) yang mendefinisikan *hazard* sebagai “*the potential occurrence of a natural or human-induced physical event or trend or physical impact that may cause loss of life, injury, or other health impacts, as well as damage and loss to property, infrastructure, livelihoods, service provision, ecosystems, and environmental resources*” (IPCC 5th AR, 2014). Definisi yang dikeluarkan oleh IPCC ini menekankan bahwa *hazard* bisa dipicu oleh kejadian, baik yang dipicu oleh kegiatan manusia (*humand-induced*) maupun alam. Kerusakan yang ditimbulkan dari *hazard* dalam konteks ini juga bisa pada kehilangan nyawa (*loss of life*), penyediaan jasa lingkungan, ekosistem dan sumber daya alam dan lingkungan.

Selain penting memahami konsep dasar tentang *hazard*, perlu juga dipahami aspek lain yang berkaitan dengan karakteristik dari *hazard* itu sendiri karena *hazard* bisa bersumber dari peristiwa tunggal atau kombinasi berbagai faktor yang berkaitan dengan dimensi ruang dan waktu. Gravley (2001) dan Schneiderbauer dan Ehrlich (2004) mendeskripsikan *hazard* dalam beberapa karakteristik seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1  
Deskripsi Karakteristik *Hazard*

Karakteristik	Deskripsi
Besaran ( <i>magnitude</i> )	Hanya kejadian yang melewati besaran yang umum yang dikatakan ekstrim.
Durasi	Lamanya waktu <i>hazard</i> bertahan dari awal kejadian sampai mencapai puncaknya.
Luasan area	Luasan area yang terdampak <i>hazard</i> .
Kecepatan	Lamanya waktu dari kemunculan awal sampai mencapai puncaknya.
Sebaran spasial	Pola distribusi dalam sebaran ruang di mana dampak akan dirasakan.
Interval waktu	Urutan waktu dari kejadian yang bervariasi antara periodik sampai random.

Sumber: Gravley (2001); Schneiderbauer dan Ehrlich (2004)

### 1. Tipe-tipe hazard

Schneiderbauer dan Ehrlich (2004) lebih jauh menjelaskan bahwa secara umum *hazard* sering dikelompokkan ke dalam tiga kelompok yakni *natural hazard*, *technological hazard*, dan *man-made* atau *social disaster hazard*. Terminologi *environmental hazard* juga sering muncul dalam literatur yang merupakan kombinasi antara *natural* dan *man-made hazard*. Pengelompokan ini memang tidak bersifat kaku karena sebagaimana dijelaskan sebelumnya, *hazard* bisa saja merupakan interaksi dari berbagai komponen. Sebagai contoh, kejadian longsor di beberapa wilayah di Bogor dan Lebak pada awal tahun 2020 lalu bisa saja dipicu oleh tingginya curah hujan di wilayah tersebut. Namun demikian, penyebab dan tingkat keparahannya bisa saja adalah karena penggundulan hutan atau adanya penambangan liar di hulu. Jenis kelompok *hazard* dan beberapa contoh yang berkaitan dengan kelompok *hazard* disajikan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2  
Kelompok dan Tipe *Hazard*

Kelompok <i>Hazard</i>	Tipe <i>hazard</i>	Contoh
Natural hazard	Geologis	Gempa bumi, longsor
	Meteorologis	Siklon, kebakaran, kekeringan
	Oceanografis	Tsunami, badai
	Hidrologis	Banjir
	Biologis	Epidemik, hama
<i>Technological Hazard</i>	Ledakan	
	Pelepasan bahan beracun	
	Kontaminasi	
	<i>Kolaps</i> struktur	
	Kecelakaan transportasi	
Social/man-made hazard	Kecelakaan konstruksi	
	Kerumunan masa	kerusuhan
	Kegiatan teroris	Bom, pembajakan
	Konflik politik	Perang saudara, revolusi, kudeta

Sumber: Schneiderbauer dan Ehrlich (2004)

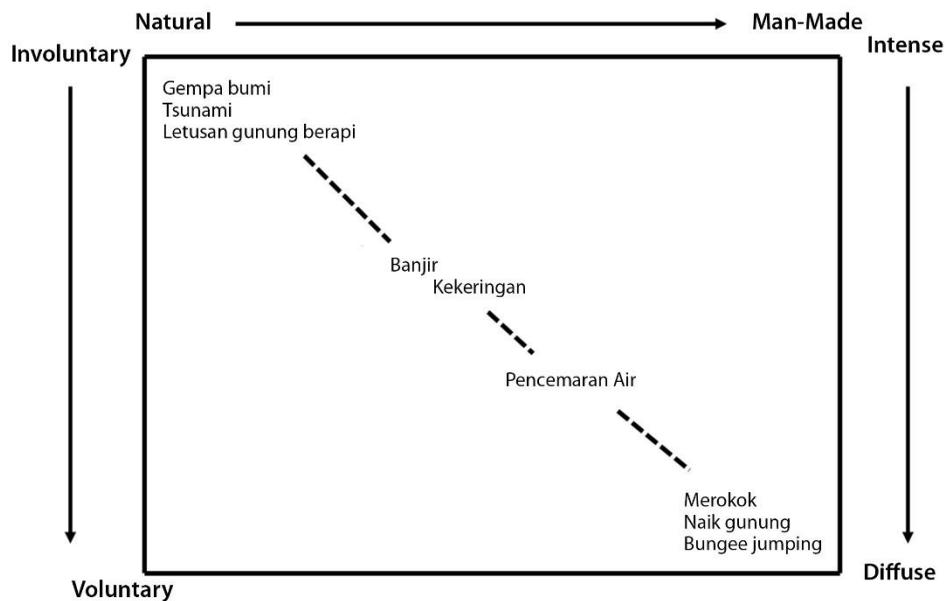
Selain dari pengelompokan di atas, ada juga pengelompokan *hazard* yang didasarkan pada degradasi lingkungan (ISDR, 2004). *Hazard* tipe ini dipicu oleh perilaku manusia dan aktivitas yang dapat merusak sumber daya alam dan lingkungan, atau mengubah proses ekosistem secara permanen. Beberapa contoh degradasi lingkungan ini antara lain deforestasi, degradasi lahan, kehilangan keanekaragaman hayati, atau perubahan iklim.

Pemahaman terhadap *hazard* juga dapat dilihat berdasar spektrum *hazard* sebagaimana dikemukakan oleh Smith (2000). Gambar 3.1 menjelaskan spektrum *hazard* yang dibagi berdasarkan apakah *hazard* timbul karena faktor alam (natural) atau karena faktor buatan manusia (*man-made*). Kemudian di sumbu vertikal sebelah kiri, *hazard* dilihat dari apakah bersifat *voluntary* (sengaja dilakukan) atau sifatnya *unvoluntary* (tidak sengaja dilakukan). Sumbu vertikal di sebelah kanan menggambarkan intensitas *hazard* apakah sangat intens atau melemah (*diffuse*).

Derajat besaran *hazard* terlihat dari arah diagonal ke kanan dimulai dari sudut kiri atas menuju sudut kanan bawah. Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1 gempa bumi, tsunami, atau meletusnya gunung berapi misalnya merupakan jenis *hazard* yang sifatnya alamiah dan tidak disengaja namun dengan intensitas tinggi. Di bagian tengah ada beberapa jenis *hazard* seperti banjir, kekeringan, atau kecelakaan lalu lintas (tidak tertulis dalam gambar) yang merupakan jenis *hazard* dengan derajat sedang. Jenis *hazard* pada kelompok ini dicirikan dengan sifatnya yang separuh *voluntary* dan *involuntary*. Misalnya saja banjir, bisa saja merupakan kombinasi dari curah hujan yang

lebat (*involuntary*) dan sungai yang penuh sampah sehingga menghambat aliran air (*voluntary*). *Hazard* ini juga mengarah ke “*man-made*” karena kemungkinan juga ada kontribusi kelalaian manusia berupa penggundulan di wilayah hulu sungai (*deforestasi*) atau ulah manusia lainnya yang merusak.

Di sudut kanan bawah adalah *hazard* yang cenderung terjadi karena ulah manusia (*man-made*) dan *voluntary*. Misalnya saja risiko yang ditimbulkan dari bahaya merokok (*hazard*) merupakan produk dari pilihan yang dilakukan oleh si perokok (*voluntary*) dan *man-made*, dan derajat intensitasnya tidak terasa seketika dan berkaitan dengan kesenangan (*diffuse*).



Sumber: dimodifikasi dari Smith (2000)

Gambar 3.1  
Spektrum Hazard

## 2. *Hazard Ganda (Muli-Hazard)*

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, hazard bisa terjadi dari sumber tunggal atau dipicu dari berbagai kombinasi seperti kondisi lingkungan (topografi, geografi, dan sebagainya) dan kegiatan manusia (*antropogenic activities*) seperti *deforestasi* atau kegiatan wisata. Dalam konteks ini, *multiple hazard* dapat dilihat dari berbagai aspek antara lain apakah kejadian yang memicu *hazard* bersifat independen atau saling terkait atau apakah *hazard* menimbulkan efek domino atau tunggal. Berikut ini beberapa tipe *hazard* ganda yang disarikan dari van Westen dan Greiving, (2017).

Pertama adalah multi *hazard* dengan sifat kejadian yang independen satu sama lain, dan disebabkan oleh pemicu yang berbeda. Misalnya saja kejadian longsor dan banjir merupakan multi *hazard* dan bisa terjadi secara *independen* dengan pemicu yang

berbeda. Sebagai contoh, longsor mungkin bisa disebabkan oleh struktur tanah yang tidak stabil atau karena gerakan lempeng bumi. Sementara itu banjir bisa saja disebabkan oleh curah hujan yang tinggi. Atau dalam kasus lain adalah *hazard* dari sumber teknologi (*technological hazard*) dan banjir. Teknologi pencegah banjir yang tidak berfungsi dengan baik atau rusak bisa menimbulkan banjir mana kala hujan deras. Jadi meski keduanya memang bersifat independen, namun jika dilihat secara lebih komprehensif, bisa saja saling berkaitan satu sama lain. Dalam analisis risiko untuk multi *hazard*, risiko dari multi *hazard* dihitung secara independen, kemudian kerugian yang ditimbulkan bisa digabung dari keduanya. Pendekatan ini tentu juga memiliki kelemahan karena seperti dalam kasus teknologi dan banjir tadi, keduanya tidak sepenuhnya independen.

Tipe kedua multi *hazard* adalah tipe yang dipicu oleh kejadian yang sama atau dikenal dengan *coupled events* dan menimbulkan dua *hazard* yang berbeda. Misalnya saja gempa bumi bisa memicu longsor atau likuifaksi seperti yang terjadi pada gempa di Palu tahun 2018 lalu. Pada tipe kedua ini, kerugian yang ditimbulkan oleh *hazard* tidak bisa dipisahkan secara independen seperti tipe pertama di atas karena pemicunya adalah hal yang sama.

Tipe multi *hazard* yang ketiga adalah tipe dimana satu *hazard* akan mengubah pola *hazard* berikutnya, meski *hazard* yang pertama tidak harus menjadi pemicu yang kedua. Salah satu model yang terkenal pada tipe ketiga ini adalah siklus kebakaran dan banjir (*fire-flood cycle*). Sebagaimana penelitian Canon dan DeGraff (2009), kebakaran hutan akan mengubah hutan menjadi rentan terhadap sisa-sisa kebakaran dan banjir yang tiba-tiba (*flash flood*) akibat adanya perubahan atau dampak dari kebakaran hutan terhadap vegetasi dan sifat-sifat tanah. Hal ini sama dengan perubahan tutupan lahan dan perubahan pemanfaatan lahan (*land use*) yang akan berdampak besar pada *hazard* banjir dan longsor. Pada umumnya bencana alam termasuk dalam tipe *hazard* ini. Letusan gunung berapi bisa menimbulkan deposisi (timbunan) abu vulkanik yang akan meningkatkan kerentanan terhadap banjir dan longsor.

Tipe keempat multi *hazard* adalah *hazard* yang terjadi secara berantai yang dikenal dengan efek “domino” atau *cascading hazard*. Sama seperti halnya efek domino, dalam kategori keempat ini, satu jenis *hazard* menyebabkan timbulnya *hazard* yang lain dan seterusnya secara berantai. Misalnya saja gempa bumi, bisa menimbulkan tsunami, kemudian menimbulkan kerusakan struktural bangunan atau infrastruktur lainnya, atau kesehatan yang juga menjadi bahaya baru (*new hazard*). Dalam konteks analisis risiko, *hazard* yang berfisat efek domino ini merupakan risiko yang sangat kompleks untuk dinilai atau dianalisis karena kuantifikasi risiko dan interaksinya sangat beragam dan kompleks.

Tabel 3.3 memberikan gambaran bagaimana salah satu *hazard* berinteraksi dengan *hazard* lainnya melalui pola seperti yang telah dibahas di atas melalui pembacaan secara horizontal. Misalnya jika *hazard* utama adalah gempa bumi, maka terhadap letusan gunung berapi bisa independen karena letusan gunung bisa terjadi

tanpa disebabkan oleh gempa bumi, demikian juga sebaliknya (pembacaan dari letusan gunung ke gempa bumi). Gempa bumi bisa menimbulkan *hazard* berantai terhadap tsunami dan juga longsor.

Beberapa *hazard* juga bisa menimbulkan *hazard* lain secara bersamaan (*coupled*) seperti banjir dan longsor. Banjir besar bisa menimbulkan longsor, namun banjir merupakan *hazard* yang independen terhadap gempa bumi, letusan gunung atau tsunami.

Ada beberapa *hazard* yang sebagian dipicu oleh *hazard* lain yang “disebabkan oleh” (*caused by*). Misalnya saja tsunami bisa ditimbulkan dari gempa bumi atau letusan gunung. Demikian juga longsor bisa ditimbulkan oleh gempa bumi. Sementara itu, *hazard* yang sifatnya disposisi adalah *hazard* yang tidak secara langsung diakibatkan oleh *hazard* utama, namun bisa menimbulkan *hazard* lain di waktu yang akan datang. Seperti dicontohkan pada timbunan abu vulkanik pada letusan gunung berapi.

Tabel 3.3  
*Hazard* Utama dan Hubungan Dengan *Hazard* Lainnya

<b>Hazard</b>	<b>Gempa bumi</b>	<b>Letusan gunung berapi</b>	<b>Tsunami</b>	<b>Banjir</b>	<b>Longsor</b>
Gempa Bumi	-	Independen	Rantai	Independen	Rantai
Letusan gunung berapi	Independen	-	Rantai	Disposisi	Disposisi
Tsunami	Disebabkan oleh	Disebabkan oleh	-	Independen	Rantai jika di pesisir
Banjir	Independen	Independen	Independen	-	<i>Couple</i> (bersamaan)
Longsor	Disebabkan oleh	Independen	Independen	<i>Couple</i>	-

Sumber: van Westen dan Greiving (2017)

## B. KERENTANAN

Setelah kita paham bagaimana konsep *hazard* dan kaitannya dengan risiko, maka konsep lain yang berkaitan dengan *hazard* adalah kerentanan atau *vulnerability*. Konsep kerentanan merupakan bagian yang tidak terpisahkan jika kita membahas analisis risiko, khususnya yang berkaitan dengan lingkungan. Hal ini karena konsep kerentanan banyak bersinggungan dengan konsep risiko. Membicarakan kerentanan akan banyak berkaitan dengan elemen risiko.

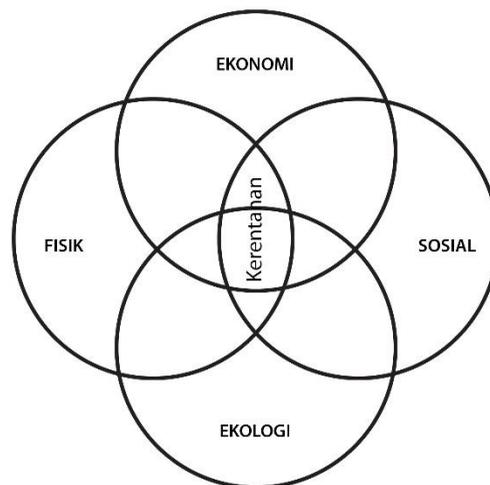
Konsep kerentanan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1970-an sebagai respon dari pemahaman terhadap bencana yang cenderung terpusat ke *hazard* (*hazard-centric disaster*) (Schneiderbauer dan Ehrlich, 2004). Konsep ini juga pada awalnya cukup populer di bidang teknik sipil dalam rangka merancang struktur bangunan yang

tahan terhadap tekanan fisik yang disebabkan oleh gempa, angin atau air. Konsep ini kemudian menjadi populer pada tahun 1980-an dan 1990-an yang mengaitkan antara bencana dan pembangunan, dimana elemen pembangunan yang lemah seperti aspek sosial ekonomi masyarakat mungkin akan rentan terhadap bencana (ISDR, 2014).

Menurut ISDR (2014) kerentanan sendiri merupakan cerminan dari kondisi individu atau masyarakat serta kondisi kolektif fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang terbentuk dari sikap, perilaku, budaya, kondisi sosial ekonomi, atau politik individu, komunitas atau suatu negara. Oleh karenanya kerentanan tidak bisa dipisahkan dari berbagai komponen di atas sebagaimana terlihat pada Gambar 3.2.

Pada Gambar 3.2, sebagaimana dijelaskan ISDR (2014), kerentanan dapat dikategorikan ke dalam empat kelompok besar yakni faktor fisik, faktor sosial, faktor ekonomi dan faktor ekologi. Faktor fisik merupakan faktor kerentanan yang awalnya berkembang di bidang perencanaan penggunaan lahan (*land use planning*), sipil dan arsitektur. Dalam konteks ini, kerentanan fisik bisa saja ditentukan oleh aspek geografis, tingkat kepadatan (*density level*), keterisolasian dari permukiman, rancang bangun, bahan baku dan sebagainya.

Dari sisi faktor sosial, kerentanan akan berkaitan dengan tingkat *wellbeing* dari individu, komunitas atau masyarakat. Cakupan *wellbeing* ini tentu sangat luas karena menyangkut pendidikan, kesehatan, tata nilai sosial, kesetaraan, pengetahuan, tradisi dan berbagai aspek lainnya. Sebagian masyarakat mungkin lebih rentan dari lainnya karena pendidikan yang tertinggal atau kesehatan yang tidak memadai. Demikian juga kohesi sosial akan berpengaruh terhadap tingkat kerentanan masyarakat. Kohesi sosial yang kuat akan mampu meningkatkan daya tahan (*resilience*), sementara ketiadaan rasa aman (*social insecurity*) akan meningkatkan kerentanan sosial.



Sumber: ISDR (2014)

Gambar 3.2  
Empat Faktor Kerentanan

Tingkat kerentanan individu atau masyarakat juga akan sangat tergantung dari tingkat ekonominya. Secara umum sering dikatakan bahwa masyarakat miskin relatif lebih rentan dalam kondisi tertentu, namun mungkin mereka juga memiliki daya tahan terhadap aspek yang lain. Dalam konteks lingkungan misalnya. Masyarakat miskin yang tinggal di dekat pembuangan sampah atau sungai yang tercemar mungkin akan lebih rentan terhadap penyakit karena mereka tidak cukup memiliki pendapatan untuk berobat. Namun demikian bisa saja mereka juga lebih tahan terhadap serangan penyakit yang disebabkan oleh pencemaran air atau udara karena sudah mampu beradaptasi dengan baik.

Dari sisi faktor ekologi, kerentanan berkaitan dengan degradasi lingkungan seperti yang telah dibahas pada bagian *hazard*. Depleksi sumber daya, kehilangan keanekaragaman hayati, dan degradasi lingkungan dapat menyebabkan kerentanan ekologis karena hilangnya fungsi-fungsi ekosistem yang dilakukan oleh alam. Misalnya saja, terganggunya rantai pangan antara mangsa dan pemangsa yang diakibatkan oleh degradasi lingkungan bisa mengganggu keseimbangan ekosistem yang kemudian menyebabkan kerentanan ekologis.

### 1. Pengertian Kerentanan

Dalam konteks analisis risiko, banyaknya pengertian tentang kerentanan tergantung dari konteks atau keterkaitan isu yang dibahas. Dengan kata lain kerentanan berkaitan dengan berbagai konsep lainnya seperti sensitivitas, kerapuhan terhadap sesuatu yang merusak atau ketiadaan kapasitas untuk menangani atau beradaptasi. Dalam konteks perubahan iklim misalnya, konsep kerentanan IPCC 5th AR mendefinisikan kerentanan sebagai “*propensity or predisposition to be adversely affected*” atau kecenderungan untuk terdampak secara berbahaya. Khusus yang berkaitan dengan perubahan iklim, IPCC mendefinisikan kerentanan sebagai “derajat” di mana suatu sistem rentan atau tidak mampu menangani dampak yang membahayakan dari perubahan iklim, termasuk keberagaman iklim (*climate variability*) dan kondisi ekstrim (IPCC, 2007). Dalam IPCC 5th AR (*Fifth Assessment Report*) ini juga dijelaskan bahwa kerentanan jarang merupakan produk tunggal, namun lebih merupakan irisan dari berbagai proses termasuk proses sosial di dalamnya.

Garatwa dan Bollin (2002) mendefinisikan kerentanan dalam konteks yang lebih luas yakni “*the characteristics of a person or a group in terms of their capacity to anticipate, cope with, resist and recover from the impact of a natural or man-made disaster*”. Jika diterjemahkan secara umum, pengertian kerentanan dalam konteks ini mengacu pada sifat-sifat dari individu atau kelompok terkait dengan kapasitasnya untuk mengantisipasi, menangani, mempertahankan dan memulihkan dari dampak yang ditimbulkan akibat bencana alam dan bencana buatan manusia.

Brooks (2003) membedakan kerentanan berdasarkan dua aspek yakni biofisik dan sosial. Dengan demikian kerentanan dibedakan berdasarkan kerentanan biofisik (*biophysical vulnerability*) dan kerentanan sosial (*social vulnerability*). Dalam konteks

biofisik, kerentanan diartikan sebagai fungsi dari *hazard*, keterpaparan (*exposure*) dan sensitivitas. Dalam hal ini, perhatian utama dari kerentanan biofisik adalah pada komponen fisik dari penyebab atau sifat dari *hazard* dan komponen fisik yang terdampak. Pengertian kerentanan biofisik ini kurang lebih sejalan dengan definisi yang dikeluarkan oleh IPCC 5th AR (2017).

Kerentanan sosial sering juga disebut sebagai kerentanan inheren (*inherent vulnerability*) yaitu kerentanan yang secara inheren berada dalam suatu sistem (individu dan masyarakat) terlepas apakah ada *hazard* atau tidak. Dengan demikian, kerentanan sosial akan banyak ditentukan oleh berbagai faktor seperti kemiskinan, ketimpangan, keterpinggiran (marjinalisasi) dan berbagai aspek sosial ekonomi lainnya. Berbeda dengan kerentanan biofisik yang merupakan fungsi dari *hazard* dan peluang terjadinya kejadian (*event*), kerentanan sosial lebih ditentukan oleh karakteristik dari sistem sosial ekonomi yang ada. Sebagai contoh, rumah yang terbuat dari bahan yang rapuh terhadap air mungkin akan rentan terhadap banjir atau badai, namun belum tentu dipengaruhi oleh musim kemarau atau kekeringan.

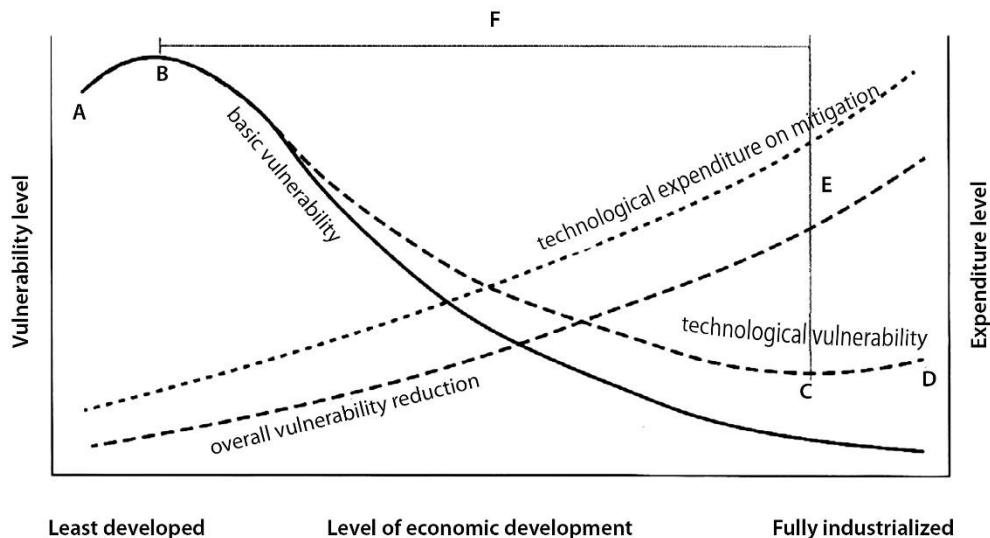
Perlu dicatat bahwa sebagaimana telah dijelaskan di atas kerentanan bukan semata merupakan produk tunggal, melainkan berkaitan dengan berbagai aspek lainnya. Dalam konteks ini, FAO misalnya mengaitkan kerentanan dengan ketahanan pangan karena kerentanan sosial yang diakibatkan oleh kerusakan lingkungan atau perubahan iklim bisa berakibat pada ancaman pangan.

Kerentanan juga beragam antarkelompok sosial, antarsektor ekonomi antarwilayah dan antarnegara sebagaimana dinyatakan oleh Olsom (2001). Hal ini karena dampak dari kerusakan lingkungan akan terdistribusi secara tidak sama antara berbagai sistem karena sumber daya dan kemakmuran juga terdistribusi secara berbeda antara satu sistem dengan sistem lainnya. Kerentanan juga bisa dipandang dari perspektif bencana alam sebagaimana dikemukakan oleh Blaikie *et al.* (1994). Menurut Blaikie, karakteristik setiap individu atau kelompok dalam kapasitasnya untuk mengantisipasi, menangani, bertahan dan pulih dari dampak bencana alam akan menentukan derajat kerentanan kelompok tersebut.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa kerentanan bukan disebabkan oleh faktor tunggal semata. Sejumlah variabel sosial ekonomi juga mempengaruhi kerentanan, khususnya kerentanan sosial. Watson (1988) misalnya menyatakan bahwa variabel ekonomi seperti pendapatan dan kemakmuran akan banyak mempengaruhi kerentanan individu dan kelompok masyarakat. Hal ini senada dengan apa yang telah dibahas oleh van Westen dan Greiving (2014). Dalam konteks makro, IPCC menyatakan bahwa tingkat perkembangan ekonomi suatu daerah atau negara akan sangat berperan penting dalam menentukan tingkat kerentanan masyarakat. Demikian juga halnya dengan aspek kelembagaan seperti norma yang ada dalam masyarakat, tingkat kepercayaan (*trust*) dan juga kearifan lokal akan berpengaruh terhadap derajat kerentanan individu dan masyarakat.

Gambar 3.3 memberikan ilustrasi keterkaitan antara kerentanan dengan tingkat pembangunan ekonomi suatu negara. Daerah A menggambarkan negara miskin dan berkembang dengan kerentanan yang tinggi, sementara negara maju berada pada zona C dan D dengan tingkat kerentanan yang relatif rendah. Zona dengan label F menggambarkan apa yang disebut “*mitigation gap*” yang membedakan antara tingginya kerentanan di negara berkembang dan rendahnya kerentanan di negara maju. Sementara itu garis E menggambarkan pengurangan kerentanan yang bisa dicapai melalui teknologi yang spesifik.

Pada Gambar 3.3 juga nampak bahwa belanja untuk pengurangan kerentanan melalui mitigasi cenderung tinggi untuk negara maju dibandingkan dengan negara miskin sehingga menurunkan tingkat kerentanan di negara maju relatif terhadap negara berkembang. Dengan demikian total pengurangan kerentanan meningkat seiring dengan peningkatan belanja melalui mitigasi.



Sumber: Alexander (2000); Schneiderbauer dan Ehrlich (2004)

Gambar 3.3  
Keterkaitan antara Kerentanan dan Pembangunan Ekonomi

## 2. Mazhab “Kerentanan”

Pemikiran yang berkaitan dengan kerentanan sangat tergantung dari perspektif mana kita melihatnya. Namun secara umum dapat disarikan bahwa pemikiran tentang kerentanan dikelompokkan ke dalam tiga mazhab utama yakni mazhab risiko (*risk hazard school*), mazhab politik/ekonomi dan ekologi, dan mazhab ketahanan (*resilience school*). Ketiga mazhab tersebut dibedakan dalam berbagai sudut pandang yaitu pertanyaan kunci yang menjadi perhatian, elemen kunci dari kerentanan, sistem yang dievaluasi, dan skala yang dievaluasi. Perbandingan ketiga mazhab tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Sebagaimana terlihat pada Tabel 3.4 mazhab *risk hazard* lebih memfokuskan aspek kerentanannya pada sisi keterpaparan (*exposure*) dan sensitivitas dari sistem yang diamati terhadap *hazard* dan risiko. Sementara itu, mazhab *political economy* dan *ecologi*, selain kedua aspek *exposure* dan sensitivitas, juga menekankan pentingnya aspek kapasitas individu dan masyarakat dalam menangani risiko dan *hazard*. Pandangan *mazhab resilience* (kelentingan) menekankan aspek *threshold* (ambang batas) di mana suatu sistem mampu bertahan terhadap perubahan. Selain itu, mazhab ini juga memandang kemampuan melakukan reorganisasi suatu sistem (baik individu maupun masyarakat), serta kapasitas untuk belajar dan beradaptasi terhadap risiko yang terjadi sebagai faktor kunci dalam memandang kerentanan. Masyarakat yang mampu belajar dari bencana yang pernah terjadi dan kemudian melakukan reorganisasi sistem sosial ekonomi yang ada mampu menunjukkan tingkat kerentanan yang rendah (daya tahan yang tinggi).

Tabel 3.4  
Perbandingan *School* (Mazhab) Kerentanan

Komponen	Mazhab Risiko Hazard ( <i>Risk Hazard School</i> )	Mazhab Ekonomi Politik/Ekologi	Mazhab Kelentingan ( <i>Resilience</i> )
Pertanyaan kunci	Apa itu hazard? Apa saja dampaknya? Dimana dan kapan <i>hazard</i> terjadi?	Bagaimana perbedaan dampak pada setiap orang dan setiap tempat? Apa saja yang bisa menjelaskan perbedaan kemampuan untuk mengatasi dan beradaptasi? Apa saja sebab akibat yang menyebabkan perbedaan kerentanan?	Apa dan bagaimana sistem berubah? Apa saja kapasitas untuk merespon perubahan? Proses apa saja yang mengendalikan kemampuan mengatasi dan beradaptasi?
Elemen kunci kerentanan	Keterpaparan ( <i>exposure</i> ) dan sensitivitas	Kapasitas, sensitivitas, <i>exposure</i>	Ambang batas perubahan, reorganisasi, kapasitas untuk belajar dan beradaptasi
Sistem yang dievaluasi	Tempat, sektor, kegiatan, lanskap, wilayah	Individu, rumah tangga, kelompok sosial, masyarakat, <i>livelihood</i>	Lanskap, ekorigion, <i>multiple scales</i>
Skala Evaluasi	Regional, global	Lokal, regional, global	

Sumber: Brugere and De Young (2015); Eakin and Luers (2006)



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa yang dimaksud dengan *hazard*?
- 2) Jelaskan beberapa tipe *hazard* dari sisi sosial, ekonomi dan lingkungan dalam konteks kebencanaan!
- 3) Bagaimana memahami keterkaitan antara kerentanan dan pembangunan?

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Baca bagian awal KB-1 terkait dengan definisi *hazard*.
- 2) Baca beberapa literatur dan sumber di internet terkait dengan risiko kebencanaan.
- 3) Pelajari dan pahami dengan seksama Gambar 3.2.



## Rangkuman

*Hazard* dan kerentanan merupakan bagian yang tidak bisa dipisahkan ketika membahas risiko. *Hazard* merupakan pra-kondisi terjadinya risiko seperti risiko bencana. *Hazard* juga bersifat multi dimensi karena terkait dengan aspek biofisik, sosial, ekonomi dan lingkungan, demikian juga halnya dengan kerentanan. Kerentanan sendiri berkaitan dengan pembangunan ekonomi suatu negara karena akan berkaitan dengan pengeluaran anggaran untuk mitigasi dan teknologi mengurangi risiko.

Memahami kerentanan tidak bisa dari satu sisi saja karena kerentanan mencakup berbagai pemikiran (mazhab) yang masing-masing memiliki konsen atau perhatian khusus berkaitan dengan sistem yang dianalisis dan risiko yang menjadi perhatian.



## Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan beberapa tipologi *hazard*!
- 2) Sebutkan beberapa tipologi untuk *multiple hazard* atau *hazard* berganda!
- 3) Sebutkan jenis-jenis kerentanan menurut Brook (2003)!

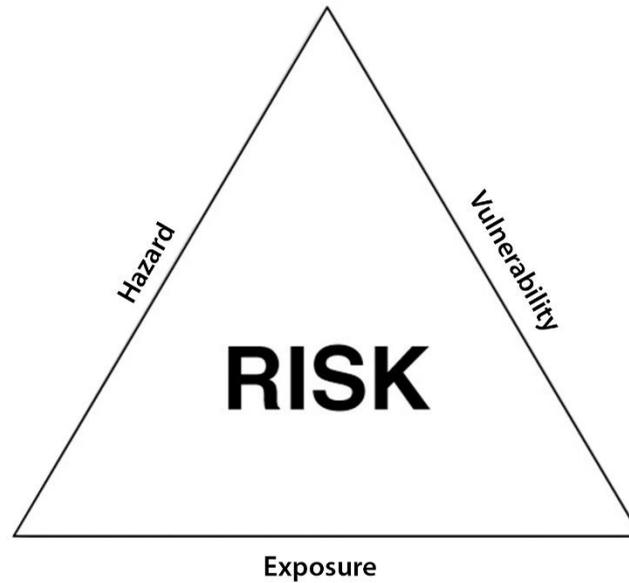
## Keterkaitan antara Risiko, *Hazard* dan Kerentanan

Setelah kita memahami konsep risiko, *hazard* dan kerentanan, ketiga konsep tersebut bisa kita bahas keterkaitannya satu sama lain. Salah satu komponen yang mengaitkan antara risiko, *hazard* dan kerentanan adalah *exposure*. Untuk itu, diperlukan pemahaman terlebih dahulu mengenai konsep tentang *exposure* (keterpaparan). Terminologi ini telah dikemukakan pada bagian B ketika membahas mazhab kerentanan di mana salah satu elemen kunci dari kerentanan pada mazhab *risk hazard* dan *political economy* adalah *exposure*.

IPCC mengartikan *exposure* atau keterpaparan sebagai “keberadaan orang, kehidupan, spesies atau ekosistem, fungsi lingkungan, layanan sumber daya, infrastruktur, atau *asset* ekonomi, sosial dan budaya di suatu lokasi dan kondisi yang memungkinkan terdampak secara membahayakan” (*The presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental functions, services, and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected*).

Dalam kaitannya dengan risiko dan kerentanan, *exposure* bisa menjadi syarat keharusan dari penentuan risiko, namun tidak menjadi syarat kecukupan. Misalnya saja ketika kita berada di daerah rawan banjir, namun memiliki sumber daya untuk memodifikasi struktur bangunan rumah dan meminimalkan kerugian, maka meski kondisi ini dikatakan sebagai terpapar, namun tidak menimbulkan kerentanan. Sebaliknya, untuk menjadi rentan dalam situasi yang ekstrim membutuhkan keterpaparan (*necessary condition*).

Secara umum, interaksi antara *hazard*, kerentanan dan *exposure* dalam konteks analisis risiko dijelaskan oleh “*Risk Triangle*” (Gambar 3.4). Konsep tersebut diperkenalkan pertama kali oleh Crichton (1999). Area di dalam segitiga pada Gambar 3.3 adalah risiko dan setiap sisi segitiga menggambarkan tiga faktor independen yang berkontribusi terhadap risiko, yaitu *hazard*, *vulnerability* (kerentanan) dan *exposure* (keterpaparan) dalam proporsi yang sama. Jadi dari segitiga sama sisi, terlihat bahwa perubahan dalam satu sisi segitiga tersebut akan mengubah besaran risiko.

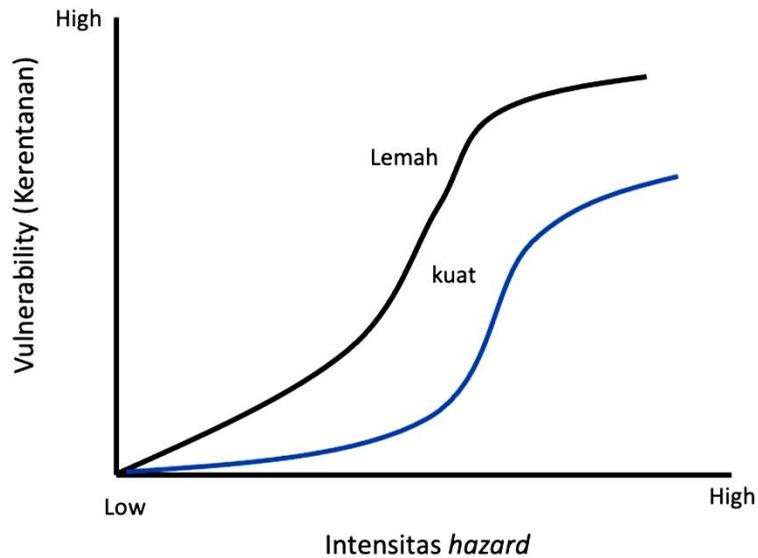


Sumber: Crichton (1999)

Gambar 3.4  
*Risk Triangle*

Jika kita perhatikan dua sisi penopang risiko yakni *hazard* dan kerentanan, kedua komponen ini memiliki hubungan yang positif dan tidak linier. Gambar 3.5 berikut ini menyajikan kurva hubungan antara *hazard* yang diukur dari besaran intensitas (rendah atau tinggi), dan tingkat kerentanan (rendah atau tinggi). Pada intensitas *hazard* yang rendah, tingkat kerentanan juga relatif rendah. Ketika intensitas *hazard* meningkat sampai pada tingkat menengah, respon kerentanan cenderung lebih rendah dari perubahan intensitas *hazard*. Namun ketika intensitas ini makin meningkat maka respon kerentanan cenderung bersifat eksponensial, sampai kemudian melandai kembali karena adanya proses adaptasi yang menyebabkan adanya penguatan kerentanan.

Pada Gambar 3.5 juga disajikan dua tipe kurva *hazard* dan kerentanan, dimana pada sistem (individu, masyarakat atau lingkungan) yang lemah cenderung memiliki kurva *hazard* dan kerentanan yang tinggi dibandingkan dengan sistem yang relatif kuat.



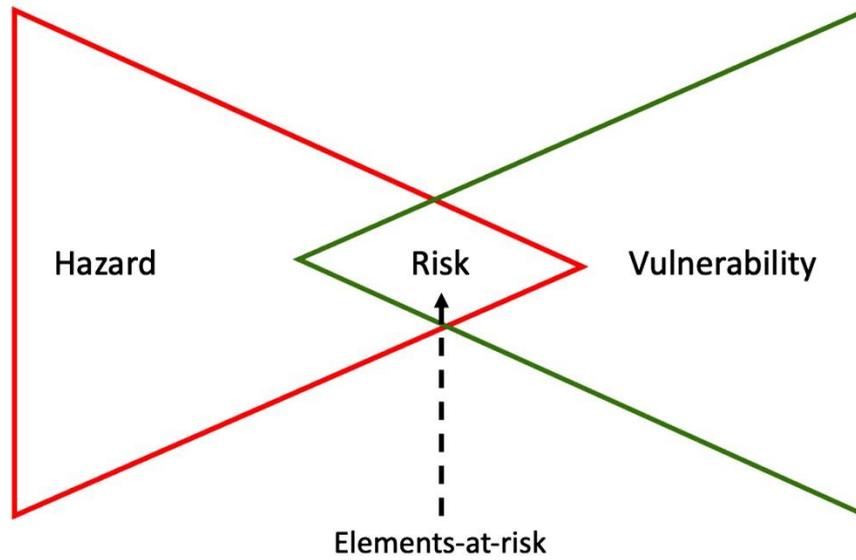
Sumber: Van Westen dan Greiving (2014)

Gambar 3.5  
Hubungan Antara Intensitas *Hazard* dan Kerentanan

Keterkaitan antara *hazard*, *vulnerability* dan risiko juga dapat dilihat secara lebih rinci pada Gambar 3.7. Masing-masing komponen yakni *hazard*, *vulnerability* dan elemen dari risiko dihubungkan dengan tanda perkalian ( $\times$ ) untuk menghasilkan risiko. Dengan kata lain, risiko sendiri merupakan produk perkalian dari *hazard*, *vulnerability* dan elemen risiko.

$$\text{Risk} = \text{Hazard} \times \text{Vulnerability} \times \text{Amount of Element-at-Risk}$$

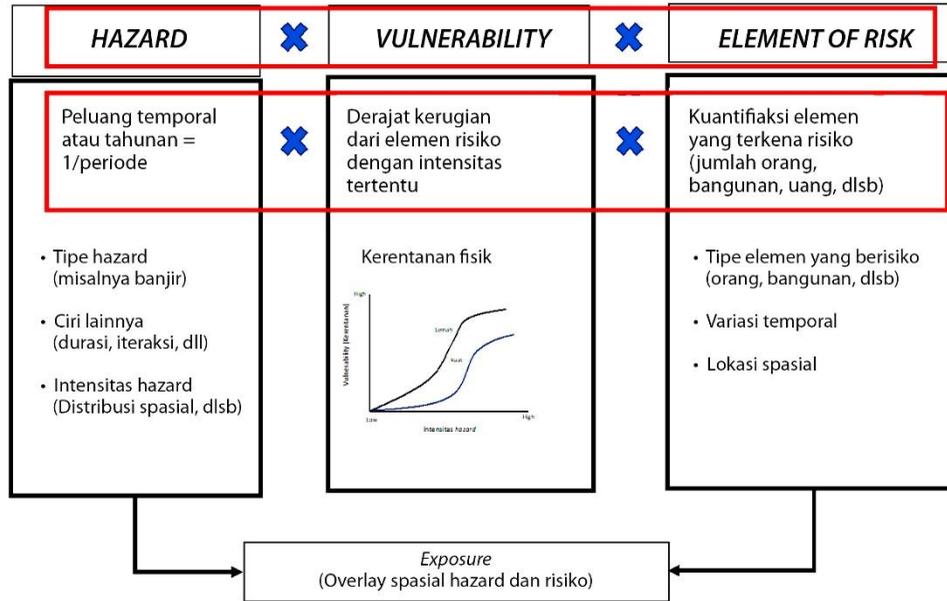
Interaksi ketiganya secara grafik ditunjukkan pada Gambar 3.6. Tampak pada Gambar 3.6 bahwa risiko merupakan produk dari ketiga komponen tersebut. Jika di suatu lokasi terdapat *hazard*, namun tidak ada penduduk yang tinggal (*elements-at-risk* sama dengan nol), maka risiko tidak terjadi.



Sumber: Alexander (2002)

Gambar 3.6  
*Hazard, Vulnerability dan Elements-at-risk*

Gambar 3.6 menyajikan secara lebih rinci ketiga variabel risiko tadi beserta komponen-komponennya. Pada Gambar 3.6, komponen *hazard* dihitung dari peluang terjadinya *hazard* secara temporal (pada periode waktu tertentu) atau *annual* (per tahun). Misalnya saja banjir bisa diukur dari kejadian per musim hujan atau per tahun, ditambah dengan ciri lainnya seperti durasi banjir dan distribusi banjir. *Hazard* ini kemudian dikalikan dengan derajat kerugian dari elemen yang berisiko yang akan menghasilkan hubungan *hazard* dan kerentanan seperti pada Gambar 3.7. Kemudian dengan mengalikan elemen risiko terhadap dua komponen lain akan menghasilkan besaran risiko. Elemen risiko ini bisa atau dikuantifikasi dari jumlah korban yang terdampak *hazard*, atau jumlah kerugian ekonomi yang ditimbulkan (dalam rupiah), serta variasi spasial dan temporal dari elemen risiko tersebut.

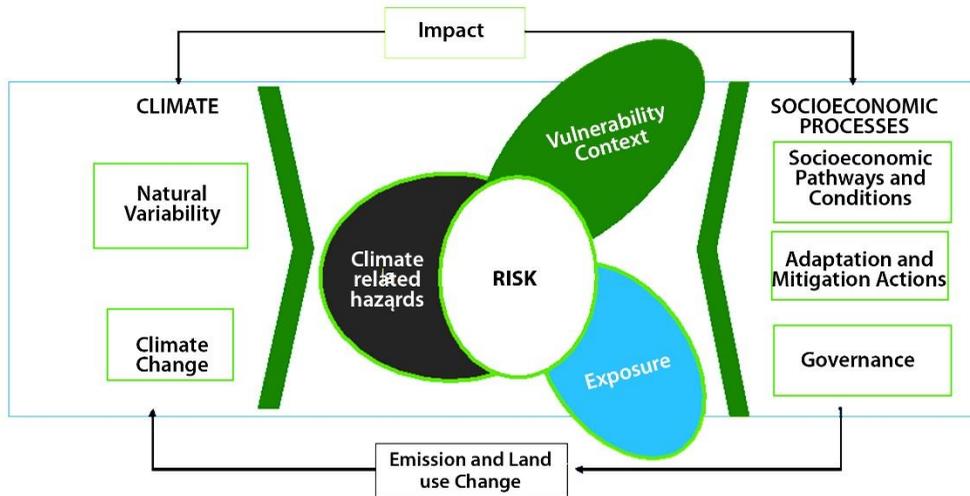


Sumber: Van Westen dan Greiving (2014)

Gambar 3.7  
Interaksi *Hazard*, *Vulnerability* dan Elemen Risiko

Interaksi antara *hazard*, *exposure* dan kerentanan secara lebih kompleks dapat dilihat dalam konteks perubahan iklim. Gambar 3.8 menyajikan interaksi antara ketiga komponen di atas dalam konteks perubahan iklim yang dirilis oleh IPCC. Sebagaimana terlihat pada Gambar 3.8, komponen di tengah menggambarkan *risk triangle* sebagaimana model Crichton. Dalam konteks perubahan iklim, *risk triangle* ini dipengaruhi oleh faktor iklim dan proses sosial ekonomi. Faktor iklim seperti keragaman alam dan perubahan iklim akan mempengaruhi *risk triangle*. Demikian juga halnya proses sosial ekonomi seperti kondisi sosial ekonomi masyarakat, tindakan adaptasi dan mitigasi yang dilakukan, serta tata kelola yang berkaitan dengan risiko akan sangat mempengaruhi derajat risiko yang dialami oleh suatu sistem.

Pada Gambar 3.8 juga dapat dilihat bahwa interaksi antara komponen risiko dengan faktor iklim dan variabel sosial ekonomi akan memberikan dampak timbal balik (tanda panah dua arah) yang dapat diartikan bahwa perubahan yang terjadi pada aspek iklim akan berpengaruh terhadap risiko sosial ekonomi. Sebaliknya, kondisi sosial ekonomi seperti pola penggunaan kendaraan dan peningkatan konsumsi yang mengubah lahan akan berdampak pada perubahan iklim dan berimplikasi pada kerentanan, *hazard* dan *exposure* yang tidak lain merupakan komponen risiko.

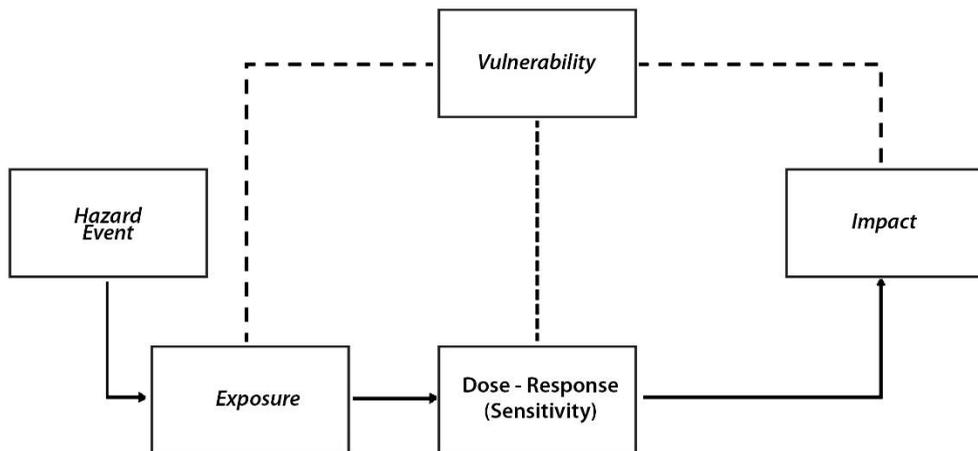


Sumber: IPCC, 5th AR (2007)

Gambar 3.8

Keterkaitan antara Risiko, *Hazard* dan Kerentanan dalam Konteks Perubahan Iklim

Interaksi *hazard*, kerentanan dan *exposure* bisa juga dilihat melalui kerangka *Risk Hazard* atau yang dikenal dengan *RH framework* sebagaimana terlihat pada Gambar 3.9. Rantai utama berupa garis panah penuh adalah hubungan langsung antara *hazard event* ke *exposure*, dan *exposure* sendiri akan dipengaruhi oleh kerentanan. Tingkat sensitivitas suatu sistem akan memberikan derajat dampak yang berbeda kepada sistem. Pada Gambar 3.9 juga terlihat bahwa kerentanan akan mempengaruhi *exposure*, *sensitivity* dan dampak itu sendiri.



Sumber: Turner, et al. (2003)

Gambar 3.9

Interaksi *Hazard* dan Kerentanan dalam Kerangka *Risk-Hazard*

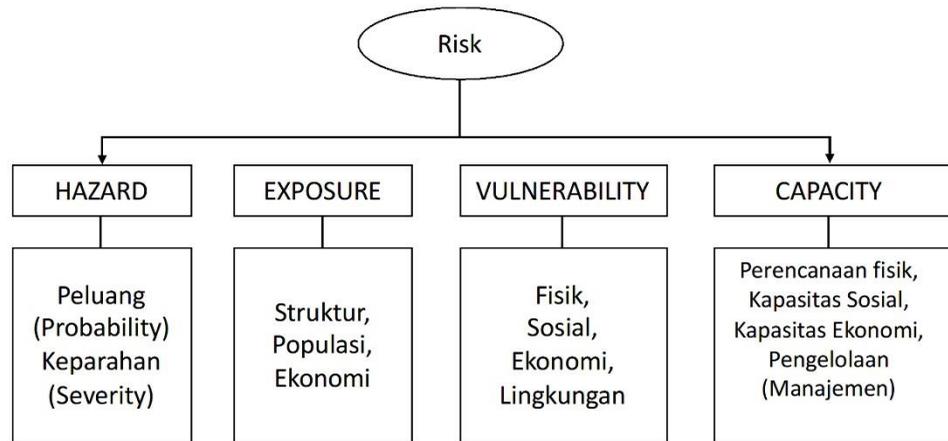
Perspektif lain keterkaitan risiko dan *hazard* serta kerentanan adalah melalui kapasitas mengatasi *hazard* dan risiko yang dikenal dengan kerangka atau *framework* HVCRA (*Hazard Vulnerability Capacity Risk Assessment*), atau dalam beberapa literatur sering disederhanakan menjadi HCA saja (*Hazard Capacity Assessment*). Kerangka yang mengaitkan antara risiko, *hazard* dan kapasitas ini biasanya digunakan dalam konteks risiko perubahan iklim atau konteks bencana secara umum. Kapasitas mengatasi *hazard* dalam hal ini didefinisikan dengan sumber daya potensial atau sumber daya yang tersedia untuk mengatasi *hazard* dan kerentanan. Perspektif ini memandang bahwa risiko bisa menjadi besar atau kecil selain tergantung dari tingkat *hazard* yang timbul juga tergantung dari kapasitas sistem mengatasi *hazard* tersebut. Interaksi antarketeganya dapat ditulis secara matematis melalui persamaan berikut:

$$Risk = f(hazard, exposure, vulnerability, capacity)$$

Persamaan di atas dibaca sebagai “risiko merupakan fungsi dari *hazard*, *exposure*, *vulnerability* dan *capacity*). Secara grafik, persamaan di atas dapat digambarkan pada Gambar 3.9.

Pada Gambar 3.10, komponen *hazard* terdiri dari peluang dan keparahan sebagaimana telah dijelaskan pada KB-1, sementara komponen *exposure* atau keterpaparan terdiri dari struktur dari sistem (misalnya struktur yang terbuka atau tertutup). Misalnya struktur perumahan penduduk yang terbuka dengan bahan yang rapuh tentu akan terpapar oleh *hazard* sehingga rentan terhadap risiko. Demikian juga penduduk usia tua, anak-anak atau penduduk yang menderita penyakit, akan lebih mudah terpapar dengan risiko. Sistem ekonomi yang cenderung mengandalkan satu sumber ekonomi, misalnya juga akan lebih mudah terpapar pada *hazard* sehingga rentan terhadap guncangan.

Blok ketiga menggambarkan komponen-komponen kerentanan yakni komponen fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan sebagaimana telah dibahas secara rinci pada KB-1. Komponen *capacity* akan dibahas secara lebih rinci dalam kaitannya dengan *hazard* melalui interaksi antara *hazard* dan *capacity*.



Sumber: Roxane et al. (2013)

Gambar 3.10  
Komponen *Hazard*, *Exposure*, *Vulnerability* dan *Capacity*

Dalam pembahasan literatur risiko, komponen *exposure* sering dianggap komponen antara sehingga risiko lebih digambarkan sebagai interaksi antara *hazard* dan kerentanan serta kapasitas, seperti tertulis pada persamaan berikut ini.

$$Risk = (Hazard \times Vulnerability) / Capacity$$

Dari formula di atas, nampak bahwa risiko berbanding terbalik dengan kapasitas. Semakin tinggi kapasitas sistem mengatasi tekanan dari *hazard* dan kerentanan, maka semakin kecil risiko yang ditimbulkan. Misalnya saja ketika daya dukung lingkungan sebagai ukuran kapasitas cukup besar untuk menampung curah hujan, maka risiko terjadinya bencana juga relatif lebih kecil.

Alternatif dari formula di atas dapat ditulis dalam bentuk:

$$Risk = Hazard \times Vulnerability - Capacity$$

Artinya bahwa semakin besar kapasitas sistem dalam mengatasi *hazard*, maka semakin berkurang risiko yang ditimbulkan, demikian juga sebaliknya. Jadi dalam contoh sehari-hari misalnya di rumah Anda ada serpihan kayu yang di dalamnya ada paku yang mencuat. Ini adalah komponen *hazard* (potensi bahaya). Jika Anda kemudian berjalan tanpa menggunakan alas kaki, maka Anda menjadi *vulnerable* (rentan terhadap bencana) sehingga jika Anda tidak hati-hati, maka Anda akan berisiko terkena paku tersebut. Namun jika Anda menggunakan sepatu boot misalnya, maka Anda memiliki kapasitas untuk mengurangi risiko.

Dalam konteks lingkungan, hutan mangrove di wilayah pesisir yang berkurang akibat alih fungsi atau deforestasi bisa menimbulkan kerentanan terhadap potensi banjir

atau terjangan badai (*hazard*). Namun sebaliknya, jika hutan mangrove tersebut dipelihara dengan baik dan tumbuh subur di wilayah pesisir akan meningkatkan kapasitas terhadap tekanan *hazard* tadi dan mengurangi risiko bencana.

Beberapa elemen *hazard* dan kapasitas dari aspek fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan, sebagaimana terlihat pada Tabel 3.5, dari sisi aspek fisik struktur bangunan yang berisiko (misalnya di badan sungai atau di tepi pantai atau dari bahan yang rapuh) merupakan salah satu komponen *hazard*. Demikian juga halnya dengan kecepatan urbanisasi di suatu wilayah perkotaan akan menyebabkan kemacetan atau berkurangnya daya dukung lahan dalam menyerap air hujan, atau meningkatnya sampah, merupakan unsur *hazard* dari sisi fisik. Jika kemudian pemerintah mampu membangun berbagai infrastruktur untuk mengatasi dampak urbanisasi tersebut, maka infrastruktur ini akan meningkatkan kapasitas kota dalam mengurangi risiko yang ditimbulkan dari urbanisasi.

Dari aspek sosial, komponen *hazard* dapat berupa tingkat kepadatan penduduk di suatu wilayah pemukiman, tingkat pendidikan masyarakat, kemiskinan bahkan tingkat korupsi yang terjadi di daerah tersebut. Kapasitas yang mungkin ditemukan dari sisi sosial di antaranya adalah seberapa kuat modal sosial masyarakat, bagaimana masyarakat mampu mengendalikan diri dalam situasi yang mengancam, kepemimpinan sampai pada bagaimana kesiapan menghadapi bencana diakomodasi dalam perencanaan. Masyarakat dengan tingkat modal sosial yang tinggi seperti tingkat kepercayaan (*trust*) yang tinggi terhadap satu sama lain, norma yang kuat dan kegotongroyongan akan meningkatkan kapasitas terhadap ancaman *hazard* sehingga menurunkan risiko. Masyarakat dengan modal sosial yang tinggi misalnya tidak akan menyerobot hak orang lain ketika memperoleh bantuan bencana atau mereka percaya satu sama lain bahwa teman, tetangga atau komunitas masyarakat tidak akan saling merugikan satu sama lain. Demikian juga tingkat kegotongroyongan yang tinggi akan mengurangi risiko ketika *hazard* timbul.

Tabel 3.5  
*Hazard dan Kapasitas dari Aspek Sosial, Ekonomi dan Lingkungan*

Aspek	<i>Hazard</i>	<i>Capacity</i>
Fisik	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bangunan berisiko</li> <li>• Infrastruktur yang tidak aman</li> <li>• Fasilitas penting yang tidak aman</li> <li>• Urbanisasi yang cepat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modal fisik (<i>physical capital</i>)</li> <li>• Infrastruktur dan bangunan yang memiliki daya tahan terhadap ancaman <i>hazard</i> yang ekstrim</li> </ul>
Sosial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat kepadatan penduduk</li> <li>• Tempat tinggal yang rawan dan tidak aman</li> <li>• Pekerjaan yang rentan</li> <li>• Korupsi</li> <li>• Pendidikan yang rendah</li> <li>• Kemiskinan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modal sosial</li> <li>• Mekanisme pengendalian sosial (diri)</li> <li>• Strategi adaptif</li> <li>• Kepemimpinan</li> <li>• Tata Kelola yang baik</li> <li>• Akuntabilitas</li> </ul>

Aspek	Hazard	Capacity
Ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ketiadaan perencanaan dan persiapan terhadap bencana</li> <li>• Sektor ekonomi yang kurang beragam</li> <li>• Pertanian yang mono-kultur</li> <li>• Ekonomi yang subsisten</li> <li>• Ketergantungan pada hutang</li> <li>• Ketergantungan pada bantuan sosial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kesiapan yang matang pada aspek perencanaan bencana</li> <li>• Modal ekonomi (finansial, infrastruktur, dan sebagainya)</li> <li>• Kehidupan yang terjamin (<i>secure livelihood</i>)</li> <li>• Diversifikasi ekonomi</li> </ul>
Lingkungan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deforestasi</li> <li>• Pencemaran lahan, air dan udara</li> <li>• Kerusakan penghalang alamiah (<i>natural barrier</i>, seperti hutan mangrove)</li> <li>• Perubahan iklim global</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modal alam dan lingkungan (<i>asset</i> sumber daya alam dan jasa lingkungan yang dimiliki)</li> <li>• Pengembangan penghalang alamiah terhadap badai (misalnya terumbu karang, mangrove)</li> <li>• Proses pemulihan alamiah</li> <li>• Pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang berkelanjutan dan bertanggung jawab</li> </ul>

Sumber: Davis et al. (2004)

Dari aspek ekonomi, *hazard* dapat berupa ketergantungan pada sektor ekonomi tertentu (kurangnya diversifikasi ekonomi) sehingga ketika terjadi guncangan pada beberapa faktor ekonomi seperti harga atau faktor produksi akan menimbulkan guncangan terhadap sistem ekonomi. Demikian juga halnya sistem ekonomi yang sangat tergantung pada utang atau bantuan dari luar negeri akan sangat rentan terhadap risiko sehingga ketergantungan ini bisa dikategorikan *hazard* ekonomi.

Komponen-komponen kapasitas yang dapat mengurangi risiko dari *hazard* ekonomi ini dapat berupa modal ekonomi yang kuat (baik finansial maupun non finansial), diversifikasi ekonomi, dan tingkat keterjaminan masyarakat mencari nafkah. Diversifikasi ekonomi yang kuat misalnya dapat mengurangi risiko karena jika terjadi guncangan ekonomi pada satu sektor ekonomi maka bisa diimbangi dengan tumbuhnya dari sektor ekonomi yang lain. Misalnya saja ketika Covid-19 melanda Indonesia, tentu banyak sektor ekonomi yang terganggu. Namun dengan adanya keragaman sektor ekonomi seperti UMKM yang tumbuh maka risiko ekonomi yang ditimbulkan dari Covid-19 sedikit banyak masih bisa dikurangi dengan adanya keragaman sektor ekonomi lainnya.

Beberapa *hazard* yang mungkin timbul dari sisi lingkungan di antaranya adalah deforestasi, pencemaran lahan, air dan udara, rusaknya ekosistem yang menjadi pelindung alamiah (*natural barrier*), serta perubahan iklim global. Deforestasi tidak diragukan lagi dapat menjadi *hazard* lingkungan karena dapat menyebabkan bencana banjir, tanah longsor atau hilangnya keanekaragaman hayati. Demikian juga berkurangnya hutan mangrove di wilayah pesisir dapat menimbulkan banjir dari air

pasang atau tsunami sekalipun. Hutan mangrove memiliki fungsi alamiah sebagai peredam gelombang sehingga berkurangnya ekosistem hutan mangrove akan meningkatkan risiko terjangannya badai atau gelombang tsunami.

*Hazard* lingkungan ini bisa ditekan jika kapasitas lingkungan lebih baik dan tidak mengalami penurunan. Beberapa komponen yang merupakan kapasitas lingkungan antara lain adalah ketersediaan modal alam dan jasa lingkungan. Modal alam (*natural capital*) yang sehat dan tidak terdegradasi, seperti hutan mangrove dalam contoh di atas, selain mampu mengurangi risiko, juga akan meningkatkan tersedianya layanan ekosistem seperti fungsi penyerapan karbon atau penyediaan barang dan jasa kebutuhan manusia. Demikian juga halnya dengan terumbu karang yang sehat, selain dapat meredam gelombang, juga menjadi sumber tumbuhnya sumber daya laut yang dapat menjadi sumber nafkah manusia. Dari sisi aspek kebijakan, adanya kebijakan lingkungan atau pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan dan ramah lingkungan misalnya, akan mengurangi risiko yang ditimbulkan dari *hazard* lingkungan. Bencana banjir yang diakibatkan oleh kegiatan penambangan yang merusak misalnya, dapat dihindari dengan kebijakan pengendalian izin tambang sehingga mengurangi risiko lingkungan yang timbul di masa mendatang.

Dari berbagai komponen *hazard* di atas, sebagian memang mudah diidentifikasi dan nyata seperti misalnya ancaman dari deforestasi atau permukiman di lokasi dengan lereng yang tidak stabil. Sebagian lagi memang tidak bersifat langsung seperti kemiskinan, kepadatan penduduk atau aspek legal, politik dan kebijakan. Faktor-faktor ini bisa saja dalam kasus tertentu menjadi *hazard* yang langsung bagi penduduk miskin yang tinggal di wilayah rawan bencana misalnya. Namun demikian, ada juga penduduk miskin yang tinggal di pedesaan dengan tingkat pendidikan yang rendah, namun mereka sudah bisa beradaptasi dengan pola hidup yang dijalani dan mereka tidak menganggap potensi *hazard* sosial ini menimbulkan risiko.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Gambarkan beragam interaksi antara *hazard*, kerentanan dan risiko dalam berbagai diagram!
- 2) Jelaskan konteks interaksi *hazard*, kerentanan dan risiko dalam konteks perubahan iklim yang membedakan dengan risiko secara umum!
- 3) Jelaskan komponen-komponen *hazard* dan kapasitas lingkungan lainnya, selain dari yang sudah dijelaskan pada Tabel 3.4!

*Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Cari berbagai sumber di literatur atau internet berbagai versi penggambaran interaksi *hazard*, *vulnerability* dan *risk*.
- 2) Perhatikan dan kaji dengan seksama Gambar 3.7.
- 3) Cari informasi dari berbagai sumber mengenai *hazard* lingkungan dan kapasitas lingkungan.



### Rangkuman

---

Risiko, baik dari aspek lingkungan ataupun aspek lain yang lebih umum, bukanlah komponen yang berdiri sendiri. Risiko merupakan interaksi berbagai faktor yakni *hazard* (potensi terjadinya bahaya), *vulnerability* (kerentanan) dan juga *exposure* (keterpaparan). Komponen-komponen tersebut tentu memiliki dimensi yang kompleks tergantung dari sistem yang kita amati. Ekosistem lingkungan merupakan salah satu ekosistem yang kompleks yang tentu saja interaksi antara berbagai komponen tersebut sangat beragam dalam dimensi ruang dan waktu.

Pemahaman terhadap interaksi antara komponen-komponen tersebut akan sangat membantu kita dalam memahami risiko secara utuh. Selain itu, pemahaman terhadap interaksi komponen risiko tersebut memungkinkan kita untuk meningkatkan kapasitas dalam menangani risiko baik dari aspek fisik, sosial, ekonomi, maupun lingkungan.



### Tes Formatif 2

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *Risk Triangle*!
- 2) Jelaskan keterkaitan antara risiko, *hazard*, *vulnerability* dan *capacity*!
- 3) Hutan mangrove bisa menjadi sumber *hazard* dan juga bisa menjadi kapasitas dari sisi risiko lingkungan. Dalam konteks apakah situasi tersebut terjadi?
- 4) Sebutkan beberapa faktor dalam pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan yang baik yang dapat meningkatkan kapasitas menangani risiko lingkungan!

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. *Natural hazard, technological hazard, social/man-made hazard*
2. Ada empat tipe yakni: 1) Tipe *independent*, 2) Tipe *coupled events*, 3) Tipe mengubah pola *hazard* berikutnya, 4) Tipe *domino* atau *cascading*.
3. Kerentanan biofisik dan kerentanan sosial (*inheren*)

### *Tes Formatif 2*

1. *Risk Triangle* adalah konsep keterkaitan *hazard, vulnerability* dan *exposure* dalam bentuk segitiga yang dikenalkan oleh Crichton (1999). Masing-masing sisi segitiga menggambarkan tiga faktor independen yang berkontribusi terhadap risiko.
2. Risiko merupakan produk dari *hazard, vulnerability* dibagi dengan *capacity* atau produk dari *hazard* dan *vulnerability* dikurangi dengan *capacity*.
3. Deforestasi hutan mangrove di wilayah pesisir dapat menjadi sumber *hazard* lingkungan, dan keberadaan hutan mangrove yang baik akan menjadi kapasitas sebagai peredam alamiah pada saat terjadi badai atau gelombang tsunami.
4. Beberapa komponen pengelolaan SDAL yang meningkatkan kapasitas menangani risiko lingkungan, antara lain: pendanaan lingkungan dan, memasukkan aspek risiko kebencanaan lingkungan dalam perencanaan.

## Daftar Pustaka

- Alexander, D. (2000). *Confronting catastrophe*. Terra Publishing, Harpenden.
- \_\_\_\_\_. (2002). *Principles of emergency planning and management*. King's Lynn, Terra Publishing.
- Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., & Wisner, B. (1994). *At risk. Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (1<sup>st</sup> ed.). London – New York: Routledge.
- Brooks, N. (2003). *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Tyndall Centre for climate change research working Paper 38. East Anglia. UK.
- Ciurean, R. L., Schröter, D., & Glade, T. (2013). *Conceptual frameworks of vulnerability assessments for natural disasters reduction*.
- Cannon, S., & DeGraff, J. (2009). the increasing wildfire and postfire debris-flow threat in western USA, and implications for consequences of climate change. In K. Sassa and P. Canuti (eds.), *Landslides– disaster risk reduction*. Springer Verlag, pp. 177–190.
- Crichton, D. (1999). The risk triangle. In Jon Ingleton (Ed.), *Natural disaster management*. Tudor Rose. London.
- Davis, I., Haghebaert, B., & Peppiatt, D. (2004). *Social vulnerability & capacity analysis*. Workshop. Geneva, 25–26 May 2004. Geneva: ProVention Consortium, 2004. Available at: [http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/VCA\\_ws04.pdf](http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/VCA_ws04.pdf)
- Garatwa, W., & Bollin, C. (2002). *Disaster risk management. Working concept*. GTZ Eschborn. Source: <http://www.gtz.de/themen/cross-sectoral/download/kv-papier-english.pdf>.
- Gravley, D. (2001). *Risk, hazard, and disaster*. University of Canterbury. New Zealand. Source: [http://homepages.uc.edu/~huffwd/Volcanic\\_HazardRisk/Gravley.pdf](http://homepages.uc.edu/~huffwd/Volcanic_HazardRisk/Gravley.pdf)
- IPCC. (2014). *Fifth assessment report: Synthesis report climate change 2014*. IPCC Geneva.

- ISDR (International Strategies for Disaster Reduction). (2004). *Living with risk: A global review of disaster reduction initiatives*. United Nations. Geneva.
- Schneiderbauer, S., & Ehrlich, D. (2004). *Risk, hazard and people's vulnerability to natural hazards – A review of definition, concept and data*. Reported No. EUR 21410 EN, European Commission.
- Smith, K. (2000). *Environmental hazards- assessing risk and reducing disaster* (3<sup>rd</sup> ed.). Routledge, 381p.
- Turner II, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., ... Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *PNAS*, 100(4). 8074-8079
- UNISDR. (2004). *Glossary. Basic terms of disaster risk reduction*. Source <http://www.unisdr.org/unisdr/eng/library/lib-terminology-eng%20home.htm>
- Van Westen, & Greiving, S. (2017). Mutlihazard risk assessment and decision making. In N.R Dalezios (Ed), *Environmental hazard methodologies for risk assessment and management*. IWA Publishing.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 04

# Pengukuran Risiko dan Kerentanan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

## Modul 04 4.1

Pengukuran Risiko dan Kerentanan

**Kegiatan Belajar 1** 4.4

Pengukuran Risiko

**Latihan** 4.14

**Rangkuman** 4.14

**Tes Formatif 1** 4.15

**Kegiatan Belajar 2** 4.16

Pengukuran Kerentanan

**Latihan** 4.28

**Rangkuman** 4.28

**Tes Formatif 2** 4.29

**Kunci Jawaban Tes Formatif** 4.30

**Daftar Pustaka** 4.31



## Pendahuluan

Pada Modul 1 sampai Modul 3 telah kita uraikan secara rinci konsep-konsep dasar tentang risiko dan kerentanan baik dalam konteks umum maupun dalam konteks lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Pada Modul 3 juga telah kita bahas interaksi risiko dan kerentanan melalui *Risk Triangle* serta beberapa model interaksi yang umum ditemukan dalam berbagai literatur. Pada Modul 4 ini, kita akan bahas aspek operasional risiko dan kerentanan melalui berbagai ragam konsep pengukuran risiko dan kerentanan.

Pada bagian A akan dibahas terlebih dahulu pengukuran risiko. Meski pada Modul 1 telah kita bahas prinsip-prinsip dasar matematis terkait risiko. Modul 1 tersebut belum secara rinci menjelaskan pengukuran tentang risiko dalam berbagai konteks lingkungan. Demikian juga halnya dengan kerentanan. Meski pada Modul 3 telah kita bahas *risk triangle* yang di dalamnya mengandung hubungan matematis antara *hazard*, risiko dan kerentanan, namun Modul 3 belum sepenuhnya menjelaskan pengukuran kedua hal tersebut secara lebih rinci.

Pada Modul 4 ini, fokus pembahasan pengukuran diarahkan pada aspek risiko dan kerentanan karena kedua hal inilah yang sering secara eksplisit digunakan dalam analisis lingkungan dan keberlanjutan, baik dalam skala mikro maupun skala makro. Dalam konteks perubahan iklim misalnya, pengukuran dampak memang lebih banyak diukur dari aspek risiko dan kerentanan, khususnya yang berkaitan dengan adaptasi perubahan iklim. Demikian juga dengan kerusakan lingkungan seperti degradasi lahan, maka dampak kerusakan tersebut bisa diukur melalui risiko yang ditimbulkan dan kerentanan dari ekosistem atau masyarakat yang menjadi objek kerusakan lingkungan.

## Pengukuran Risiko

Pengukuran risiko menyangkut spektrum atau lingkup yang sangat luas. Pada Modul ini pengukuran risiko khususnya risiko lingkungan akan dibahas secara umum karena pengukuran risiko akan berkaitan dengan berbagai aspek lainnya yang secara detail juga akan dibahas pada modul lainnya dalam buku ini. Pada Modul 1 dan Modul 2 sudah dijelaskan prinsip-prinsip dasar pengukuran risiko. Sementara pada modul 7 akan membahas lebih rinci beberapa teknik pengukuran analisis risiko. Oleh karenanya, pada bagian ini, pembahasan akan lebih difokuskan pada pengukuran risiko secara umum dan kaitannya dengan kerentanan yang akan dibahas pada bagian KB-2.

### A. PENGUKURAN RISIKO KUANTITATIF DAN KUALITATIF

Pengukuran risiko menyangkut berbagai aspek. Sebagaimana telah dijelaskan pada Modul 1 dan Modul 2, komponen penting dalam pengukuran risiko adalah kuantifikasi dari frekuensi kemunculan risiko dan dampak yang ditimbulkan (bisa dihitung dari sisi moneter seperti kerugian ekonomi, atau dihitung secara fisik atau non moneter). Hal ini setara dengan formula risiko yang sudah kita kupas pada Modul 1 dan Modul 2. Kedua komponen tersebut merupakan informasi yang penting dalam pengambilan keputusan. Dalam konteks lingkungan, dengan terkuantifikasinya risiko lingkungan, maka pengambil keputusan dapat membuat kebijakan untuk mengurangi risiko tersebut, baik dalam bentuk mitigasi maupun juga kebijakan lainnya.

Dalam implementasinya, pengukuran risiko dapat dilakukan baik secara kuantitatif maupun kualitatif. Pengukuran secara kuantitatif didasarkan pada pendekatan matematis sebagaimana formula yang telah di bahas pada Modul 2. Pengukuran kuantitatif biasanya digunakan dalam konteks yang lebih luas atau dalam konteks analisis risiko finansial. Beberapa pendekatan kuantitatif yang umum ditemukan dalam mengukur risiko diantaranya adalah simpangan baku (*standard deviation*), *coefficient of variation (CoV)*, *sensitivity analysis*, dan *decision tree analysis* atau *Multi Criteria Analysis*. Selain dari beberapa pengukuran kuantitatif di atas, tentu banyak ragam pengukuran kuantitatif risiko lainnya yang dirancang untuk beberapa kasus atau sektor tertentu.

Pengukuran kuantitatif dengan menggunakan simpangan baku (*standard deviation*) didasarkan pada pemikiran bahwa semakin jauh data dari nilai yang

diharapkan (*expected value*) atau nilai rata-rata, semakin tinggi risiko yang ditimbulkan. Sebaliknya, simpangan baku yang kecil menunjukkan bahwa data cenderung mendekati nilai yang diharapkan (nilai rata-rata) sehingga dianggap memiliki risiko yang kecil. Pengukuran risiko dengan simpangan baku ini juga sering disebut sebagai pengukuran risiko mutlak (*measure of absolute risk*) karena besaran risiko tergantung dari besaran bilangan atau data yang digunakan. Pengukuran risiko berdasarkan simpangan baku digunakan dalam konteks yang umum baik dari aspek sosial, ekonomi, investasi, maupun aspek finansial lainnya.

Penggunaan *coefficient of variation* dalam mengukur risiko secara kuantitatif merupakan lanjutan dari pengukuran dengan *standard deviation* atau simpangan baku karena CoV diukur dengan membagi *standard deviation* dengan *mean* (nilai rata-rata). Atau dalam bentuk matematis ditulis sebagai:

$$\text{CoV} = (\text{standard deviation} / \text{Mean}) \times 100$$

Jika *standard deviation* disebut sebagai pengukuran risiko mutlak, maka CoV merupakan pengukuran risiko relatif karena angka yang diperoleh merupakan angka proporsi dari sebaran sampel terhadap rata-rata. CoV mengindikasikan seberapa menyebar data dari sampel atau populasi, relatif terhadap rata-rata. Angka yang diperoleh merupakan persentase sehingga independen terhadap unit yang diukur melalui simpangan baku dan rata-ratanya. Suatu sistem (sosial, ekonomi atau lingkungan) yang memiliki CoV yang tinggi dianggap memiliki risiko yang tinggi karena koefisien keragamannya tinggi. Sebagai ilustrasi sederhana dimisalkan ada dua lokasi A dan B dengan produktivitas dan simpangan baku sebagai berikut:

Tabel 4.1  
Ilustrasi *Coefficient of Variation*

Variabel	Lokasi A	Lokasi B
Produktivitas (kg/minggu)	200	170
<i>Standard deviation</i>	80	75

Dari tabel 4.1 di atas dapat dihitung bahwa *coefficient of variation* dari kedua lokasi adalah:

$$\text{CoV lokasi A} = (80/200) \times 100 = 40 \%$$

$$\text{CoV lokasi B} = (75/170) \times 100 = 44\%$$

Dari perhitungan di atas dapat dilihat bahwa meski lokasi A memiliki simpangan baku yang tinggi daripada lokasi B, namun CoV lokasi A lebih kecil dari CoV lokasi B. Dengan kata lain, tingkat ketidakpastian di lokasi B lebih besar daripada di lokasi A. Hal ini bisa dikatakan juga bahwa potensi risiko di lokasi B lebih besar dari lokasi A.

Pengukuran risiko secara kuantitatif melalui analisis sensitivitas merupakan pendekatan yang relatif banyak digunakan dalam berbagai pemodelan risiko. Pendekatan ini bisa dilakukan baik melalui perubahan parameter berdasarkan pertimbangan tertentu oleh peneliti, maupun secara acak (random) melalui simulasi Monte Carlo. Misalnya saja, jika kita ingin memodelkan risiko lingkungan suatu daerah terhadap bahaya banjir, maka parameter biofisik yang dapat dikendalikan (melalui regulasi atau mekanisme insentif) bisa berupa laju deforestasi, laju penambahan pemukiman, atau kecepatan pertumbuhan penduduk. Dalam simulasi risiko, parameter-parameter ini bisa kita ubah (dinaikan atau diturunkan) untuk menguji seberapa besar perubahan risiko banjir yang akan terjadi. Parameter ini bisa juga kita asumsikan berubah secara acak melalui simulasi Monte Carlo dengan mengubah tingkat ketidakpastian, misalnya dari 50% sampai 100%. Dari analisis sensitivitas ini kita bisa mengetahui parameter mana saja yang cukup penting atau sangat sensitif mengubah hasil analisis (dalam hal ini meningkatkan atau menurunkan risiko banjir).

Variasi pengukuran risiko secara kuantitatif lainnya adalah melalui penggunaan metode *Multi Criteria Analysis* atau MCA. Implementasi MCA bisa dalam bentuk matriks keputusan atau pohon keputusan (*decision tree*). Pengukuran risiko dengan MCA ini akan dibahas secara lebih mendalam pada Modul 7 beserta aplikasinya dalam analisis risiko lingkungan. Pengukuran melalui MCA atau *decision analysis*, tentu akan sangat membantu mengembangkan sistem manajemen risiko yang lebih terukur, dan kemungkinan dilakukannya *cross-check* terhadap hasil pengukuran (Melko *et al.*, 2012).

Khusus yang berkaitan dengan lingkungan dan bencana, pendekatan kuantitatif juga telah banyak dikembangkan diantaranya HAZAN (*hazard Analysis*), *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *Event Treen Analysis* (ETA) (Uddin dan Ang, 2011). *Hazard analysis* pada prinsipnya menerapkan teori risiko yang telah dibahas pada Modul 3, yakni menggunakan peluang terjadinya kejadian dan konskuensi yang ditimbulkan. Sementara pendekatan FTA dan ETA menggunakan rantai kejadian atau rantai kegagalan yang berpotensi menimbulkan risiko. Pendekatan kuantitatif untuk risiko lingkungan melalui FTA dan ETA ini juga akan dibahas lebih rinci pada Modul 7.

Pengukuran risiko berbasis kualitatif saat ini sangat beragam dari mulai pengukuran yang sifatnya berupa pengendalian seperti *Audit*, *Check list* (*diagnostic safety form*) sampai pada penentuan peringkat (*ranking*) dan skenario “*what-if*” (apa yang akan terjadi). Pengukuran kualitatif memang lebih sederhana dan tidak memerlukan perhitungan yang rumit. Pada pendekatan *check-list*, misalnya komponen risiko biasanya cukup didekati apakah standar minimum protokol penurunan risiko ada atau tidak atau dijalankan atau tidak. Misalnya saja persyaratan gedung atau bangunan yang mengadopsi risiko dalam pengelolaannya bisa di cek apakah tersedia jalur evakuasi atau tidak, apakah alarm kebakaran terpasang atau tidak, apakah pemadam api (*fire extinguisher*) tersedia atau tidak.

Selain dari *check list* dan *ranking* (pemeringkatan), pengukuran secara kualitatif bisa juga diterapkan dalam bentuk profil risiko yang diukur melalui *rating*. *Ranking* dan *rating* dalam perspektif kualitatif merupakan dua ukuran yang berbeda. Jika *ranking* membandingkan komponen yang berbeda secara langsung (misalnya dari tertinggi ke terendah), maka *rating* membandingkan komponen yang berbeda dengan menggunakan skala (misalnya dari 1 sampai 10, atau skala lainnya). *Rating* bisa dijelaskan melalui profil risiko (*risk profile*) yang menggabungkan antara peluang dan konsekuensi (komponen utama risiko). Profil risiko ini merupakan matriks yang menggambarkan derajat risiko dari rendah sampai tinggi berdasarkan pengukuran *likelihood* dan konsekuensi yang ditimbulkan dari *hazard*. Gambar 4.1 menyajikan contoh *risk profile* yang umum ditemukan dalam pengukuran risiko kualitatif. Bagian matrik pada kiri atas menunjukkan risiko yang rendah, sebaliknya angka yang berada pada kanan bawah menunjukkan derajat risiko yang tinggi yang ditandai dengan peluang kejadian yang tinggi dan dampak yang besar yang ditimbulkan.

Pada Gambar 4.1, skor *rating* dari 2 sampai 5 merupakan *rating* dengan risiko rendah, skor 6 sampai 7 merupakan risiko sedang, dan 8 sampai 10 merupakan risiko tinggi. Dari gambar nampak bahwa ketika skor *rating* untuk konsekuensi rendah, dan peluang juga rendah, maka risiko juga rendah, demikian juga sebaliknya.

		Konsekuensi				
		1	2	3	4	5
Peluang	1	2	3	4	5	6
	2	3	4	5	6	7
	3	4	5	6	7	8
	4	5	6	7	8	9
	5	6	7	8	9	10
Risiko	Rendah		Sedang		Tinggi	

Gambar 4.1  
Profil Risiko

## B. PENGUKURAN RISIKO BERBASIS INDEKS

Dalam beberapa kasus, pengukuran risiko secara kuantitatif mungkin menghadapi kendala terkait dengan ketersediaan data dan juga kompleksitas risiko yang dihadapi. Kelebihan dan kekurangan dari kedua pengukuran ini akan dibahas secara lebih rinci pada Modul 7 yang secara khusus akan mengupas metode dan analisis risiko. Di sisi lain, pengambil kebijakan mungkin hanya memerlukan indikasi arah dan derajat risiko dari suatu sistem melalui indikator-indikator kualitatif ataupun melalui indeks komposit yang merupakan penyederhanaan ukuran yang kompleks.

Saat ini berbagai indeks telah dikembangkan untuk berbagai tujuan pengukuran risiko lingkungan. Di Indonesia sendiri, indeks risiko telah dikembangkan oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) melalui Indeks Risiko Bencana Indonesia.

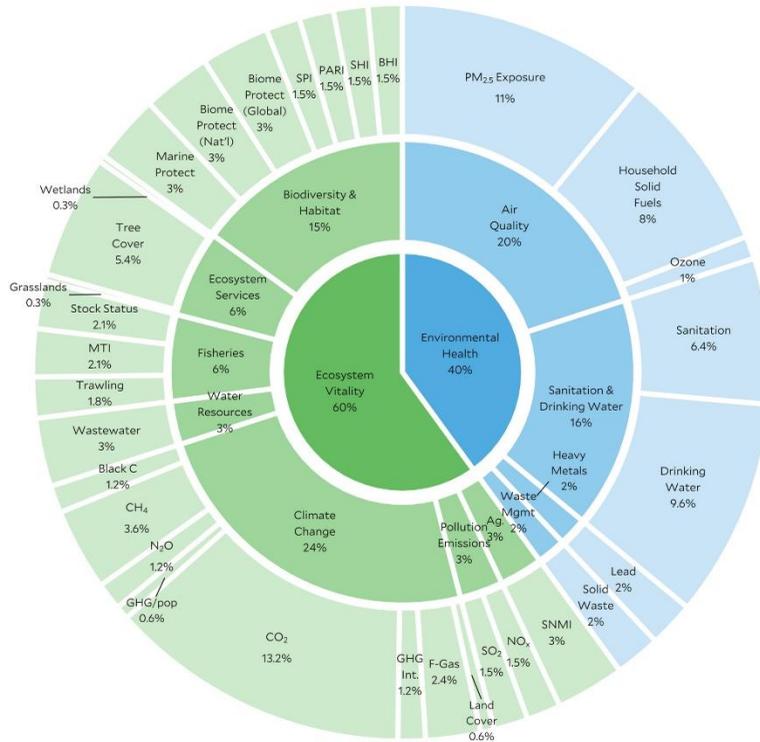
Indeks ini meski mengikuti formula risiko yang telah dibahas pada Modul 3, lebih memfokuskan kepada aspek bencana seperti gempa bumi, tsunami, banjir dan sebagainya. Di dalam pengukurannya, risiko bencana juga dihitung dari *hazard* dan kapasitas penanganan risiko. Indeks risiko dihitung untuk setiap kabupaten kota dan risiko dikategorikan ke dalam rendah, sedang atau tinggi.

Salah satu yang cukup populer adalah pengukuran risiko lingkungan yang berkaitan dengan keberlanjutan yakni *Environmental Sustainability Index* (ESI) yang dikembangkan oleh kerja sama lembaga internasional seperti *World Economic Forum*, Yale University dan Columbia University. ESI memfokuskan pengukuran risiko pada perubahan atau tren lingkungan dalam unit negara, dan kaitannya dengan indikator kebijakan, seperti keberhasilan atau kegagalan kebijakan atau program yang berkaitan dengan lingkungan.

Dalam ESI, pengukuran risiko dilihat dari aspek apakah kinerja lingkungan suatu negara berada di atas atau di bawah rata-rata yang ditargetkan. Isu-isu risiko yang dilingkup dalam ESI antara lain menyangkut pengendalian terhadap pencemaran, pengelolaan sumber daya alam, deplesi ozon, deforestasi dan perubahan iklim. Saat ini ESI tidak banyak mengalami pembaharuan karena adanya indeks-indeks lain yang lebih populer seperti EPI yang akan dibahas berikut ini.

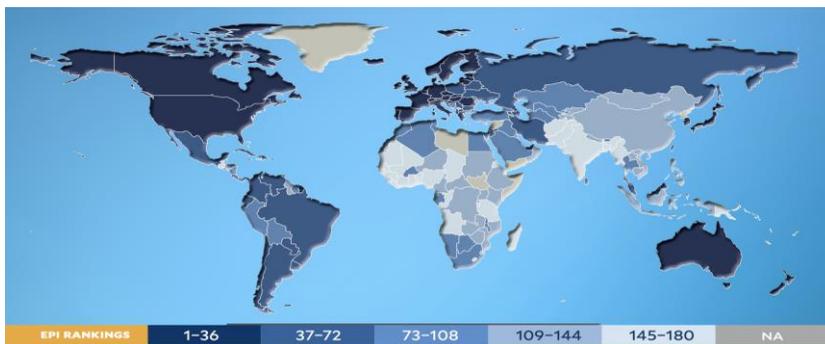
Saat ini pengukuran yang banyak menjadi acuan global dalam mengukur kinerja lingkungan adalah indeks kinerja lingkungan atau *Environmental Performance Index* (EPI). EPI dikembangkan oleh lembaga-lembaga seperti yang telah kita sebutkan di atas. Hasil indeks EPI dapat digunakan sebagai *benchmarking* terhadap kinerja lingkungan suatu negara terhadap negara lain. Dua komponen utama lingkungan yang dihitung dalam EPI adalah “kesehatan lingkungan” (*environmental health*) dan vitalitas ekosistem (*ecosystem vitality*) dengan bobot masing-masing sebesar 40% dan 60%. Di dalam komponen kesehatan lingkungan, ada tiga indikator utama yang menjadi perhatian, yakni kualitas udara, air dan sanitasi, dan keberadaan logam berat. Sementara dalam vitalitas ekosistem beberapa jenis ekosistem seperti hutan, perikanan, sumber daya air, pertanian, merupakan komponen yang dianggap penting dalam menjaga kinerja lingkungan selain keanekaragaman hayati dan perubahan iklim.

Gambar 4.2. di bawah ini menyajikan lebih rinci komponen-komponen utama dan sub komponen yang menjadi penilaian EPI 2020 beserta bobotnya. Total komponen atau indikator yang diukur pada EPI 2020 sebanyak 32 indikator dan negara yang menjadi objek penilaian EPI 2020 sebanyak 180 negara. Dari penilaian EPI pada tahun 2020, kinerja lingkungan Indonesia berada pada *ranking* ke 116 dari 180 negara. Posisi ini jauh lebih baik dari dua tahun sebelumnya dimana Indonesia berada pada posisi 133 dari 180 negara. Kinerja lingkungan global dalam kerangka EPI 2020 bisa dilihat pada Gambar 4.3.



Sumber: Wendling et al. (2020)

Gambar 4.2  
Komponen Pembentuk EPI dan Bobotnya



Sumber : Wendling et al. (2020)

Gambar 4.3  
Sebaran EPI 2020

Pengukuran setara EPI ini di Indonesia dikenal dengan istilah Indeks Kualitas Lingkungan Hidup (IKLH). Meski tidak secara khusus ditujukan untuk mengukur risiko, EPI dan IKLH dapat menggambarkan risiko lingkungan melalui perubahan indikator-indikator yang digunakan dalam pengukuran tersebut yaitu perubahan kualitas air, kualitas udara, tutupan lahan dan lain sebagainya. Secara implisit dapat dikatakan

bahwa penurunan IKLH menunjukkan penurunan kualitas lingkungan yang kemudian secara implisit dapat menggambarkan meningkatnya risiko lingkungan.

Pengukuran risiko lingkungan lainnya yang berbasis indeks selain ESI dan EPI adalah *well-being index* yang dikembangkan oleh kerjasama beberapa lembaga seperti IDRC (*International Development Research Center*), IUCN (*International Union for Conservation of Nature*), dan FAO (*Food and Agriculture*). Indeks yang dikembangkan oleh lembaga-lembaga ini mengaitkan antara kesejahteraan dalam konteks yang lebih luas yang dikenal dengan *well-being*, dengan ekosistem. Pengukuran risiko lingkungan dilakukan melalui pengukuran kualitas lingkungan dengan indeks tersendiri yakni *ecosystem well-being index*. Tidak seperti halnya EPI yang selalu melakukan pembaharuan setiap tahun untuk membandingkan kinerja *well-being* antar negara, tidak demikian halnya dengan *well-being index*. Dengan demikian, publikasi yang berkaitan dengan pemutakhiran indeks *well-being* dan lingkungan belum tersedia.

Sama halnya dengan *well-being index*, pengukuran berbasis indeks yang pernah dikembangkan namun kini tidak dilanjutkan lagi adalah *Dashboard of Sustainability* yang dikembangkan, oleh UNCSO (*United Nation Conference for Sustainable Development*). *Dashboard of Sustainability* yang pada masa awalnya digunakan untuk mengukur pencapaian *Millenium Development Goals* (MDGs) dimana beberapa indikator lingkungan menjadi pertimbangan dalam capaian MDGs. Oleh karena MDGs sudah berakhir dan digantikan dengan SDGs, *Dashboard* ini kemudian beralih menjadi *Sustainability Dashboard* yang dikembangkan oleh *Global Development Research Center* (GDRC). *Sustainability Dashboard* tidak secara langsung berkaitan dengan risiko lingkungan, karena fokus dari *Sustainability Dashboard* adalah pada pemantauan capaian tujuan-tujuan pembangunan berkelanjutan. Oleh karenanya, dalam modul ini *Sustainability Dashboard* tidak disinggung secara lebih rinci.

Salah satu indeks yang cukup menarik juga untuk disimak berkaitan dengan risiko lingkungan adalah *Happy Planet Index* (HPI) yang dikembangkan oleh *New Economic Foundation* (NEF) yang berbasis di Inggris (UK). Sama halnya dengan indeks yang telah dibahas sebelumnya, HPI memang tidak mengukur secara langsung, namun secara implisit mengaitkan risiko lingkungan dengan *well-being* melalui jejak ekologis (*ecological footprint*). Negara dengan jejak ekologis yang rendah cenderung akan memiliki HPI yang tinggi dan risiko lingkungan yang rendah. HPI dihitung berdasarkan produk antara *well-being*, angka harapan hidup, ketimpangan *outcomes*, dibagi dengan jejak ekologis, atau secara matematis ditulis dalam bentuk :

$$\text{HPI} = (\text{well-being} \times \text{AHH} \times \text{ketimpangan outcomes}) / (\text{jejak ekologis})$$

Dalam pengukuran HPI, sebagian data diperoleh dari hasil survei antarnegara seperti data untuk *well-being*, dan ketimpangan *outcomes*. Sebagian lagi seperti AHH dan jejak ekologis diperoleh dari data sekunder. Dalam HPI, *well-being* diukur berdasarkan survei kepuasan hidup yang dilakukan Gallup World Poll, sementara *inequality of outcome* diukur berdasarkan kombinasi AHH dengan indeks kebahagiaan dan disesuaikan dengan faktor sosial lainnya. Misalnya saja dalam satu negara,

masyarakat mengalami ketidakadilan sosial maupun dampak negatif dari lingkungan, faktor-faktor ini akan menjadi bagian penyesuaian dalam perhitungan *inequality of outcome*.

Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, jejak ekologis menjadi variabel penting dalam HPI karena sebagai pembagi yang menentukan besaran indeks. Jejak ekologis ini dihitung dari rata-rata lahan yang dibutuhkan per penduduk untuk mempertahankan pola konsumsi, termasuk juga lahan yang dibutuhkan untuk kebutuhan energi, dan kebutuhan kayu yang tidak dikonsumsi secara langsung. Jejak ekologis yang tinggi menunjukkan tingkat kebutuhan lahan yang tinggi untuk menopang konsumsi dan akan berisiko terhadap bahaya lingkungan. Oleh karenanya, negara dengan jejak ekologis yang rendah menunjukkan konsumsi yang tidak banyak menggunakan lahan dan secara tidak langsung akan mengurangi risiko lingkungan.

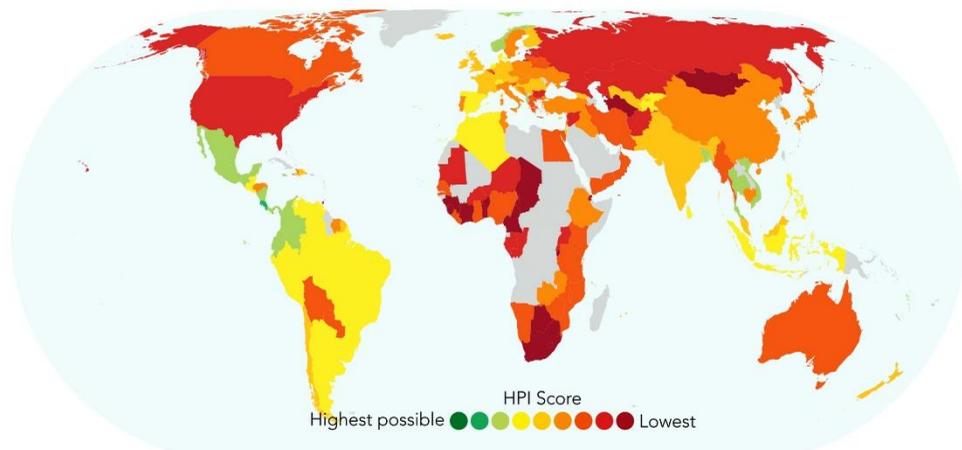
Tidak seperti halnya EPI yang melakukan pembaharuan indeks setiap tahun, HPI menghitung index dalam jarak interval 3 – 4 tahun. Data HPI terakhir yang tersedia saat ini adalah HPI 2016, dimana Indonesia menduduki posisi 16 dari 140 negara dengan skor HPI 35,7 sebagaimana terlihat pada Gambar 4.4. Sementara Gambar 4.5 memperlihatkan sebaran HPI pada skala global yang ditunjukkan dengan gradasi warna.

## Happy Planet Index: 2016 Results

Rank	Country	HPI	☺	❤️	⚖️	💡
1	Costa Rica	44.7	7.3	79.1	15%	2.8
2	Mexico	40.7	7.3	76.4	19%	2.9
3	Colombia	40.7	6.4	73.7	24%	1.9
4	Vanuatu	40.6	6.5	71.3	22%	1.9
5	Vietnam	40.3	5.5	75.5	19%	1.7
6	Panama	39.5	6.9	77.2	19%	2.8
7	Nicaragua	38.7	5.4	74.3	25%	1.4
8	Bangladesh	38.4	4.7	70.8	27%	0.7
9	Thailand	37.3	6.3	74.1	15%	2.7
10	Ecuador	37.0	6.0	75.4	22%	2.2
11	Jamaica	36.9	5.6	75.3	21%	1.9
12	Norway	36.8	7.7	81.3	7%	5.0
13	Albania	36.8	5.5	77.3	17%	2.2
14	Uruguay	36.1	6.4	76.9	18%	2.9
15	Spain	36.0	6.3	82.2	10%	3.7
16	Indonesia	35.7	5.4	68.5	21%	1.6
17	El Salvador	35.6	5.9	72.5	22%	2.1
18	Netherlands	35.3	7.5	81.2	4%	5.3
19	Argentina	35.2	6.5	75.9	16%	3.1
20	Philippines	35.0	5.0	67.9	26%	1.1
21	Peru	34.6	5.8	74.1	21%	2.3
22	Palestine	34.5	4.6	72.6	24%	1.2
23	Brazil	34.3	6.9	73.9	22%	3.1
24	Switzerland	34.3	7.8	82.6	6%	5.8
25	Tajikistan	34.2	4.5	69.0	26%	0.9
26	Guatemala	34.2	5.9	71.4	27%	1.9
27	Belize	33.8	6.1	69.8	18%	2.5
28	Sri Lanka	33.8	4.2	74.6	17%	1.3
29	Venezuela	33.6	7.1	73.9	19%	3.6
30	Algeria	33.3	5.6	74.3	24%	2.1

Sumber: NEF (2020)

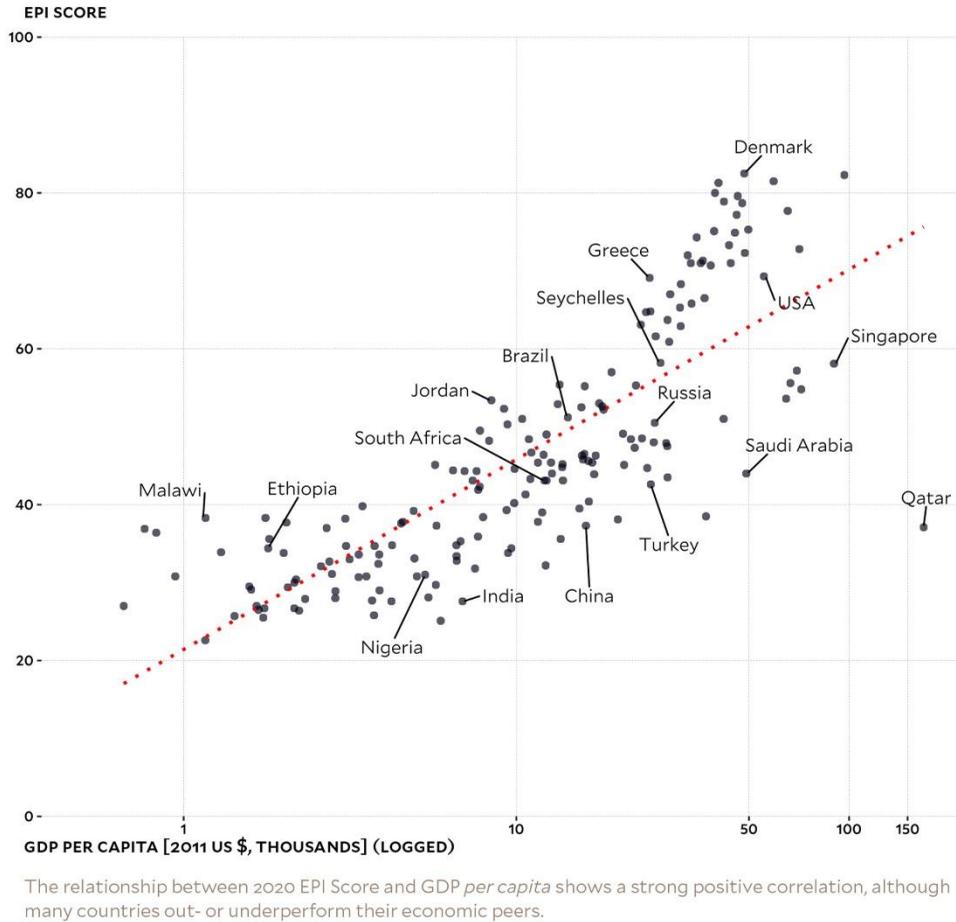
Gambar 4.4  
Ranking HPI



Sumber: NEF (2020)

Gambar 4.5  
Global HPI 2016

Sebagaimana terlihat pada Gambar 4.4, Costa Rica jika dilihat dari HPI menempati *ranking* 1. Sementara jika diukur melalui EPI, negara ini menempati posisi 52. *Ranking* EPI yang tinggi memang banyak didominasi negara-negara maju, sebaliknya skor HPI yang tinggi justru didominasi oleh negara-negara berkembang secara ekonomi. HPI lebih memfokuskan ke jejak ekologis dan *well-being* daripada kinerja ekonomi seperti PDB dan kaitannya dengan pengendalian lingkungan. Dalam EPI, ada korelasi positif antara tinggi PDB per kapita dengan skor EPI seperti terlihat pada Gambar 4.6. Hal ini berkaitan dengan dugaan bahwa PDB per kapita yang tinggi mampu memperbaiki kualitas lingkungan, misalnya dengan pengembangan teknologi ramah lingkungan dan pengurangan risiko lingkungan dengan peningkatan belanja untuk mitigasi atau penguatan kapasitas kelembagaan dan sumber daya manusia.



Sumber: EPI (2020)

Gambar 4.6  
Hubungan antara PDB Per Kapita Dengan EPI

Posisi Costa Rica sebagai peringkat pertama dalam HPI tidak terlepas dari kecilnya jejak ekologis per kapita dibanding dengan negara lain. Di sisi lain, negara ini juga memiliki angka harapan hidup yang tinggi dibanding dengan Amerika Serikat misalnya, sementara jejak ekologisnya hanya sepertiga dari Amerika Serikat. Costa Rica juga merupakan negara yang unggul dalam perlindungan lingkungan, dan 99% energi listrik yang digunakan di negara tersebut berasal dari energi terbarukan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa risiko lingkungan yang dihadapi negara ini juga relatif lebih rendah disbanding negara lain. Namun demikian, HPI tentu tidak dapat mengukur risiko lingkungan secara lebih luas karena hal yang diukur sebatas jejak ekologis berbasis lahan.

Selain dari beberapa pengukuran berbasis indeks seperti yang telah disebutkan di atas, tentu banyak lagi pengukuran risiko lingkungan yang telah dikembangkan dan digunakan dalam berbagai konteks yang berbeda. Secara umum dapat dikatakan bahwa penggunaan indeks adalah pendekatan yang paling banyak digunakan dalam mengukur

risiko. Pendekatan pengukuran risiko secara lebih spesifik dengan berbagai metode khusus yang berkaitan dengan risiko itu sendiri akan dibahas lebih rinci pada modul lain. Pada bagian berikut, keterkaitan pengukuran risiko akan banyak dikaitkan dengan kerentanan sehingga fokus pada modul ini akan mengupas secara lebih rinci pengukuran yang berkaitan dengan risiko dan kerentanan.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Apa perbedaan pengukuran risiko absolut dan pengukuran risiko relatif ?
- 2) Bagaimana indeks risiko bencana di Indonesia dianalisis?
- 3) Apa saja yang menjadi porsi yang relatif besar dalam pertimbangan kesehatan lingkungan dan vitalitas ekosistem dalam pengukuran EPI?
- 4) Bagaimana indeks keragaan lingkungan (EPI) dan HPI dibangun?

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Anda perlu mereview bagian A1 dari KB-1
- 2) Pelajari dengan seksama dokumen Indeks Risiko Bencana yang dikeluarkan oleh BNPB baik dari internet maupun dari sumber lainnya.
- 3) Perhatikan dengan seksama komponen pembentuk EPI (Gambar 4.2).
- 4) Pelajari dokumen EPI dari sumber [www.epi.yale.edu](http://www.epi.yale.edu) dan dokumen HPI dari [www. Happyplanetindex.org](http://www.Happyplanetindex.org).



### Rangkuman

Pengukuran risiko melingkupi aspek yang luas karena menyangkut interaksi berbagai faktor. Pengukuran risiko khusus untuk lingkungan sendiri bisa dilakukan melalui pendekatan kuantitatif maupun kualitatif. Kedua pendekatan tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan sesuai dengan kebutuhan penggunaan dan konteks risiko lingkungan yang diukur. Penggunaan indeks sebagai *proxy* pengukuran risiko lingkungan mampu menggambarkan risiko lingkungan secara tidak langsung dalam kaitannya dengan konteks yang lebih luas seperti keberlanjutan, *well-being*, keragaan lingkungan, maupun jejak ekologis (*ecological footprint*). Penggunaan indeks tentu tidak dapat sepenuhnya menggambarkan risiko, namun mampu memberikan gambaran sederhana dari interaksi lingkungan yang kompleks dengan aspek lain.



## Tes Formatif 1

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan bagaimana pengukuran risiko dengan *coefficient of variation* (CoV) dilakukan?
- 2) Jelaskan bagaimana profil risiko dibangun?
- 3) Jelaskan bagaimana indeks EPI dibangun?
- 4) Jelaskan bagaimana indeks HPI dibangun?
- 5) Jelaskan mengapa jejak ekologis dapat dianggap sebagai proxy risiko lingkungan?

## Pengukuran Kerentanan

Kerentanan merupakan salah satu unsur penting dalam risiko lingkungan. Dengan demikian memahami apa saja indikator kerentanan, khususnya dalam konteks lingkungan, maupun secara umum, dan bagaimana kerentanan diukur merupakan langkah penting dalam memahami risiko lingkungan. Pada KB-2 ini akan dijelaskan beragam pengukuran kerentanan dimulai dengan pemahaman indikator kerentanan dan pemaparan beragam ukuran kerentanan yang dihitung melalui berbagai indeks kerentanan.

Sebagaimana dijelaskan pada Modul 2, kerentanan merupakan produk dari interaksi berbagai komponen. Oleh karenanya, pengukuran kerentanan juga sangat beragam dan cukup kompleks. Namun demikian, sebagaimana dijelaskan oleh Moret (2014), meski terdapat beragam pendekatan dalam mengukur kerentanan, secara umum pendekatan kerentanan mengikuti kaidah dasar dan beragam variasinya. Kaidah dasar pendekatan pengukuran kerentanan umumnya didasarkan pada prinsip *Risk + Response = Vulnerability* (Holtzman *et al.*, 2008) atau mengikuti kaidah “*baseline + hazard-response = Vulnerability* (Naude *et al.*, 2009).

Selain menggunakan kaidah atau prinsip di atas, pengukuran kerentanan juga umumnya didasarkan pada lima pertanyaan dasar (Hoddinott dan Quisumbing, 2003).

1. *What is the extent of vulnerability ?* (Seberapa besar tingkat kerentanannya?).
2. *Who is vulnerable?* (Siapa yang rentan?).
3. *What are the sources of vulnerability?* ? (Apa saja yang menjadi sumber kerentanan?).
4. *How do households respond to shock ?* (Bagaimana rumah tangga atau masyarakat merespon terhadap *shock*?).
5. *What gaps exist between risks and risk management mechanisms?* (Apakah ada celah antara risiko dan mekanisme manajemen risiko?).

Respon terhadap lima pertanyaan dasar tersebut akan membantu mengembangkan pengukuran kerentanan baik dengan pendekatan sederhana maupun pendekatan yang lebih kompleks.

Untuk memahami pendekatan pengukuran kerentanan, kita harus memahami terlebih dahulu beberapa faktor penting dalam pengukuran kerentanan di antaranya adalah indikator dan parameter serta mekanisme pengukuran seperti menggunakan

indeks komposit dan lainnya. Untuk itu, pada bagian berikut akan dijelaskan indikator dan parameter yang dibutuhkan untuk mengukur kerentanan.

## A. INDIKATOR DAN PARAMETER KERENTANAN

Sebagaimana telah dibahas pada Modul 3, konsep kerentanan sangat beragam baik dari aspek biofisik maupun sosial ekonomi. Hal ini berimplikasi pada beragamnya pengukuran kerentanan itu sendiri. Sebagian pengukuran kerentanan fokus pada sistem tertentu atau daerah tertentu yang disesuaikan dengan kondisi sistem yang diamati. Sebagiannya lagi ada yang bersifat global seperti yang telah dikembangkan oleh IPCC untuk pengukuran kerentanan yang berkaitan dengan perubahan iklim. Metode pengukuran kerentanan terus berkembang dari metode pengukuran dengan menggunakan indeks komposit sampai dengan pengukuran kerentanan yang lebih kompleks dengan melibatkan berbagai macam variabel. Pada modul ini akan dibahas beberapa pengukuran yang umum dijumpai untuk mengukur kerentanan yang berkaitan dengan lingkungan dan keberlanjutan.

Pengukuran kerentanan baik dalam skala mikro maupun makro harus dimulai dari pemahaman terhadap indikator dan parameter yang berkaitan dengan kerentanan itu sendiri. Selain itu, pengukuran kerentanan juga tergantung pada posisinya terhadap *hazard*, apakah didasarkan pada fungsi *hazard* atau independen terhadap *hazard* (Schneiderbauer dan Ehrlich, 2004). Dengan kata lain, kerentanan dapat dipecah menjadi kerentanan secara umum dan ketrentanan yang bersifat *hazard specific* atau dalam bentuk matematis sebagai berikut:

$$V_{tot} = f(V_{gen}, V_h)$$

di mana  $V_{gen}$  menggambarkan kerentanan umum dan  $V_h$  menggambarkan kerentanan pada kondisi *hazard* tertentu (*hazard specific*). Kerentanan umum sering juga disebut sebagai *hazard independent vulnerability* sehingga pengukuran kerentanannya bisa digunakan secara lebih umum dalam berbagai analisis risiko lingkungan. Sementara itu, pengukuran kerentanan yang parameternya tergantung dari tipe *hazard* (*hazard dependent parameter*) atau *hazard specific* mungkin hanya sesuai pada tipe risiko tertentu atau *hazard* tertentu dan cenderung bersifat fisik dari pada aspek sosial ekonomi.

Schneiderbauer dan Ehrlich (2004) lebih jauh menjelaskan bahwa penggunaan indikator ini pun tergantung pada lokasi atau unit analisis, apakah berada pada unit rumah tangga, masyarakat, wilayah atau negara. Penggunaan indikator pada setiap unit analisis tersebut berbeda antara *hazard independent vulnerability* dan *hazard dependent vulnerability*. Tabel 4.2 menyajikan sejumlah parameter kerentanan untuk tipe *hazard independent* pada setiap unit analisis yang diadopsi dari Schneiderbauer dan Ehrlich

(2004). Sementara untuk kerentanan yang bersifat *hazard specific*, beberapa contoh parameter dan indikator dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Sebagaimana terlihat pada Tabel 4.2 dan Tabel 4.3, perbedaan pada parameter dan indikator untuk kedua tipe kerentanan (*vulnerability*) terlihat jelas pada setiap unit analisis. Misalnya pada unit analisis individu atau rumah tangga, untuk *hazard independent vulnerability*, parameter umur, pendapatan atau kesehatan bisa bersifat independen terhadap *hazard*. Misalnya saja, pendapatan yang diukur dengan PDB atau PDRB per kapita tidak harus berkaitan dengan *hazard*. Sementara untuk *hazard dependent vulnerability*, kerentanan pada tingkat individu seperti yang diukur melalui kualitas dan usia bangunan, indikator yang diukur berkaitan dengan parameter *hazard* seperti waktu konstruksi bangunan dan jenis bahan yang digunakan. Jadi misalnya jika bangunan dibangun dalam waktu yang lama dengan bahan yang rapuh, tentu akan menurunkan kualitas bangunan dan cenderung meningkatkan kerentanan.

Tabel 4.2  
Parameter dan Indikator untuk Kerentanan Umum  
Tipe *Hazard Independent Vulnerability*

Tingkat sosial/unit analisis	Parameter	Indikator
Individu atau rumah tangga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umur</li> <li>- Pendapatan</li> <li>- Kesehatan</li> <li>- Pendidikan</li> <li>- Akses terhadap informasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umur rata-rata</li> <li>- PDB atau PDRB per kapita</li> <li>- Malnutisi (Balita)</li> <li>- Angka harapan hidup</li> <li>- Angka melek huruf</li> <li>- Jumlah handphone/kapita, TV atau radio</li> </ul>
Masyarakat ( <i>administrative</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>-infrastruktur/aksesabilitas</li> <li>-kesiapan bencana</li> <li>-derajat otonomi pengambilan keputusan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-jaringan jalan</li> <li>-tingkat urbanisasi</li> <li>-tingkat korupsi</li> </ul>
Negara	<ul style="list-style-type: none"> <li>-penegakan hukum</li> <li>-struktur penduduk</li> <li>-system ekonomi</li> <li>-Ketergantungan ekonomi</li> <li>-Perencanaan terhadap bencana</li> <li>-sistem tanggap darurat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Tipe pemerintahan</li> <li>-Tingkat fertilitas</li> <li>-Rasio jenis kelamin</li> <li>-aktivitas pedagang terhadap PDB</li> <li>-rasio bantuan luar negeri terhadap PDB</li> <li>-transportasi dan jaringan komunikasi</li> </ul>
Wilayah ( <i>region</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Iklim</li> <li>- Stabilitas politik regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Catatan perubahan iklim jangka panjang</li> <li>- Jumlah dan intensitas konflik wilayah</li> </ul>
Masyarakat (budaya)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-status komunitas</li> <li>-kesetaraan gender</li> <li>-persepsi risiko</li> <li>-strategi penanggulangan bencana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ada tidaknya diskriminasi pada etnis tertentu atau kelompok <i>disadvantage</i></li> <li>-<i>Gender development indicator</i> (GDI)</li> </ul>

Sumber: Schneiderbauer dan Ehrlich (2004)

Demikian halnya kerentanan pada unit yang lain seperti masyarakat atau negara. Indikator tingkat urbanisasi misalnya, bisa saja independen terhadap indikator kesiapan bencana pada *hazard independent vulnerability*, namun degradasi lahan akan

mempengaruhi indikator degradasi lingkungan pada kerentanan yang tergantung terhadap *hazard*.

Tabel 4.3  
Parameter dan Indikator untuk Kerentanan Umum Tipe *Hazard dependent vulnerability*

Tingkat sosial/unit analisis	Parameter	Indikator
Individu atau rumah tangga	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kualitas dan usia bangunan</li> <li>- Ukuran bangunan</li> <li>- Lokasi bangunan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Waktu konstruksi bangunan</li> <li>- bahan utama bangunan</li> <li>- Luas lantai</li> <li>- Jumlah anggota keluarga</li> <li>- Kemiringan dlsb</li> </ul>
Masyarakat (administrative)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-kesiapan gempa</li> <li>-degradasi lingkungan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Prosentasi bagunan tahan gempa</li> <li>-degradasi lahan</li> </ul>
Negara	<ul style="list-style-type: none"> <li>-degradasi lingkungan dalam skala nasional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- laju deforestasi</li> </ul>
Wilayah (region)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-tinggkat keparahan terhadap perubahan iklim</li> <li>-penggunaan lahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Karakteristik perubahan iklim yang terukur</li> <li>- Tutupan lahan</li> </ul>
Masyarakat (budaya)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- kesiapan terhadap kekeringan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptasi pemanfaatan lahan</li> </ul>

Sumber: Schneiderbauer dan Ehrlich (2004)

## B. INDEKS KERENTANAN

Dengan diketahuinya parameter dan indikator kerentanan, maka pengukuran kerentanan dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai macam indikator tersebut. Secara umum ada tiga indikator kerentanan yang digunakan dalam konteks pembangunan berkelanjutan, yakni kerentanan ekonomi, kerentanan sosial dan kerentanan lingkungan. Ketiganya merupakan pilar utama dalam pembangunan berkelanjutan. Namun demikian, pengukuran ketiga jenis kerentanan tersebut tentu memiliki ciri yang berbeda sehingga untuk mengukur kerentanan secara keseluruhan sering digunakan indikator komposit.

Pengukuran indeks komposit kerentanan pertama kali dikembangkan oleh Briguglio (1995) yang kemudian berkembang dengan berbagai macam variasinya hingga kini. Briguglio (2003) kemudian mengembangkan lebih lanjut indeks komposit kerentanan dengan membagi ke dalam kerentanan ekonomi, sosial dan lingkungan. Penggunaan indeks komposit ini didasarkan pada beberapa pertimbangan antara lain (Briguglio, 1995) sebagai berikut.

1. Kesederhanaan (*simplicity*). Indeks komposit harus cenderung tidak kompleks dan relatif lebih mudah untuk dikonstruksi.

2. Mudah dipahami. Indeks komposit relatif mudah dipahami oleh para pengambil kebijakan karena tidak lagi mengandung unit atau metrik yang beragam. Indeks bisa menggunakan angka 0 sampai 100 atau 0 sampai 1 dengan indikasi 0 buruk dan 100 sangat baik (atau 1 jika menggunakan skala 0 sampai 1), atau skala lain tergantung dari metode yang digunakan.
3. Kesesuaian untuk dibandingkan. Indeks yang dikonstruksi bisa digunakan untuk perbandingan kerentanan antara unit yang dianalisis.

Indeks kerentanan berbasis ekonomi atau EcVI (*Economic Vulnerability Index*) merupakan indeks komposit yang menggunakan data statistik yang relatif banyak tersedia. Indeks ini menggambarkan beberapa indikator ekonomi seperti PDB, keterbukaan ekonomi, perdagangan, besaran penduduk, dan beberapa indikator seperti yang telah dijelaskan pada Tabel 4.2. Kerentanan ekonomi yang dijelaskan melalui EcVI ini menunjukkan bahwa ekonomi suatu sistem (daerah atau negara) sering tergantung pada faktor yang di luar kendali sistem itu sendiri. Dengan demikian, perubahan yang terjadi pada faktor eksternal bisa menimbulkan guncangan ekonomi dan meningkatkan risiko dari sistem itu sendiri. EcVI biasanya tidak harus digunakan bersamaan dengan aspek lingkungan, namun bisa digunakan untuk mengukur keberlanjutan dan pengukuran ekonomi bagi wilayah-wilayah yang rentan seperti daerah rawan bencana, daerah perbatasan atau daerah dengan ciri pulau-pulau kecil.

EcVI yang dikembangkan oleh Brigoglio pada tahun 1995 lalu tersebut kini telah diperbaharui oleh Brigoglio dan Galea (2003) dengan menggabungkan EcVI dengan indeks PDB per kapita yang dikenal dengan EVIAR (*Economic Vulnerability Index Augmented by Resilience*). Sebagaimana namanya, EVIAR merupakan pengembangan atau penambahan (*augmented*) dari EcVI dengan menambahkan komponen resiliensi ekonomi. Menurut Brigoglio dan Galea (2003) resiliensi ekonomi penting dalam mengukur indeks kerentanan ekonomi karena resiliensi ekonomi akan mempengaruhi kerentanan. Resiliensi ekonomi yang tinggi cenderung menghasilkan indeks kerentanan ekonomi yang rendah dan sebaliknya. Resiliensi ekonomi ini bisa dihasilkan dari berbagai faktor seperti :

1. perbaikan daya saing ekonomi.
2. kebijakan makroekonomi yang stabil.
3. perbaikan tata Kelola.
4. diversifikasi ekonomi.

Hasil analisis Brugiglio dan Galea (2003) menunjukkan bahwa ketika EcVI ini ditambahkan komponen resiliensi ekonomi, maka negara yang awalnya berada pada posisi yang rentan secara ekonomi, bisa saja turun *ranking* EcVI (menjadi kurang rentan) karena adanya resiliensi ekonomi yang ditopang oleh indeks PDB per kapita yang tinggi

Jika kerentanan ekonomi lebih banyak fokus ke faktor eksternal yang berpengaruh terhadap guncangan ekonomi, maka kerentanan sosial bersifat lebih kompleks dan banyak dipengaruhi oleh faktor sosial dan ekonomi. Sebagaimana dikemukakan oleh Springer *et al.* (2002), kerentanan sosial terjadi manakala struktur sosial dari masyarakat terpapar oleh guncangan (*shock*) atau tekanan (*stress*) yang disebabkan oleh gangguan ekonomi, perubahan sosial dan kebijakan yang diakibatkan oleh berbagai faktor. Dari pengertian di atas jelas bahwa kerentanan sosial merupakan hasil dari interaksi yang kompleks dari berbagai variabel sosial dan ekonomi, dan bukan produk dari penyebab tunggal.

Sifat multidimensi dari kerentanan sosial juga diperkuat oleh Burton *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa kerentanan sosial melibatkan faktor yang nampak (*tangible*) dan tidak nampak (*intangible*). Oleh karenanya, pengukuran kerentanan sosial juga sangat bervariasi, namun pengukuran yang umum digunakan juga hampir sama dengan pengukuran indeks kerentanan ekonomi yakni melalui indeks komposit. Dalam pengukuran indeks komposit kerentanan sosial ini, tiga pendekatan umumnya digunakan untuk mengukur kerentanan sosial yakni model deduktif, model induktif, dan model hirarki.

Pengukuran kerentanan sosial melalui model deduktif merupakan pendekatan *top down* yang didasarkan pada teori-teori kerentanan. Variabel kerentanan dipilih terlebih dahulu (*priory*), kemudian distandarisasi dan dihitung indeks kerentanannya. Sementara pada model induktif, biasanya dimulai dari indikator yang banyak dan kemudian direduksi menjadi indikator yang lebih sedikit yang bisa menjelaskan kerentanan dalam suatu wilayah atau sektor. Transformasi dari indikator menjadi indeks kerentanan dilakukan melalui pendekatan *principal component analysis* atau *factor analysis*. Metode induktif untuk menentukan kerentanan sosial ini dikenal dengan SoVI (*Social Vulnerability Index*) (Burton *et al.*, 2018).

Jika pengukuran kerentanan melalui induktif dimulai dari indikator yang banyak, kemudian direduksi menjadi indikator yang lebih sedikit, pada pendekatan hirarki, indikator yang dipilih berada pada tingkat menengah (antara banyak dan sedikit) yakni antara 10 sampai 20 indikator yang dikelompokkan ke dalam beberapa dimensi (misalnya dimensi kelembagaan ekonomi atau demografi). Pada pengukuran hirarki ini, aspek pembobotan menjadi penting dan juga unsur partisipasi dan keterlibatan pakar dalam menentukan indikator dan pembobotan berperan penting dalam menentukan indeks yang *reliable*. Tabel 4.4 berikut menyajikan intisari dari ketiga pengukuran kerentanan sosial tersebut.

Tabel 4.4  
Metode Pengukuran Kerentanan Sosial

Model	Indikator	Mekanisme
Deduktif	Ditentukan terlebih dahulu berdasarkan teori ( <i>a priori</i> ) dengan jumlah indikator lebih kecil atau sama dengan 10.	<i>Top down</i> Standarisasi
Induktif	Besar (biasanya > 20) ke sedikit melalui transformasi statistik	Pemetaan melalui PCA/FA
Hirarki	Medium (10-20 indikator).	<i>Participatory</i> Pembobotan indikator berdasarkan dimensi

Sumber: disarikan dari *Burton et al.* (2018)

Sama halnya dengan kerentanan sosial, kerentanan lingkungan juga berkaitan dengan berbagai aspek. Kerentanan ini timbul bukan hanya karena ada gangguan pada faktor alam, namun juga bisa timbul karena dampak dari pembangunan ekonomi. Pembangunan yang cenderung ekstraktif seperti melakukan pengerukan tambang dan pemanfaatan hutan yang menimbulkan deforestasi bisa menjadi faktor yang memicu kerentanan lingkungan. Di negara berkembang, perkembangan penduduk yang tinggi yang memicu kebutuhan lahan untuk pemukiman dapat mempercepat laju kerentanan lingkungan karena terjadi percepatan degradasi lahan.

Kerentanan lingkungan yang berkaitan dengan kondisi alam banyak dikaitkan dengan aspek perubahan iklim. Kenaikan permukaan laut (*sea level rise*), kerusakan ekosistem pesisir, rusaknya terumbu karang dan perubahan biodiversitas karena perubahan iklim dapat meningkatkan kerentanan lingkungan suatu ekosistem atau wilayah. Dalam konteks ini, kerentanan lingkungan sering juga diasosiasikan dengan kerentanan perubahan iklim (*climate change vulnerability*). Oleh karena fokus modul ini pada aspek risiko lingkungan dan pembangunan berkelanjutan, maka pembahasan lebih lanjut akan difokuskan pada kerentanan lingkungan beserta pengukurannya secara lebih rinci.

Pengukuran kerentanan lingkungan menggunakan indeks kerentanan lingkungan atau EVI (*Environmental Vulnerability Index*) merupakan metode pengukuran yang banyak digunakan di berbagai negara saat ini. Pratt *et al.* (2004) menyatakan bahwa integritas ekosistem dan keterpaparannya (*exposure*) terhadap gangguan alam dan manusia (*anthropogenic*) merupakan dasar untuk menentukan kerentanan lingkungan. Oleh karenanya, kerentanan lingkungan dibangun atas tiga komponen utama.

1. *Hazard*. Sebagaimana telah diuraikan sebelumnya, kerentanan, risiko dan *hazard* merupakan bagian yang saling terkait satu sama lain. *Hazard* merupakan salah satu komponen penting dalam pengembangan indeks kerentanan lingkungan dan bisa menjadi sub-indeks dalam EVI yakni *Risk Exposure sub Index* (REI).

Komponen ini mengukur potensi risiko dan didasarkan pada data *hazard* 5-10 tahun sebelumnya.

2. Resistensi. Faktor ini menggambarkan faktor inheren internal yang menggambarkan apakah suatu sistem (wilayah atau negara) cenderung mampu atau tidak mampu menghadapi gangguan baik dari alam maupun manusia. Dalam indeks kerentanan lingkungan, komponen ini akan menjadi sub-indeks kelentingan (*resilience*).
3. Kerusakan (*damage*). Komponen ini menggambarkan bagaimana kekuatan eksternal akan berpengaruh terhadap integritas ekosistem dan tingkat degradasi lingkungan. Semakin terdegradasi suatu ekosistem, sebagai akibat dari gangguan alam dan manusia, semakin rentan untuk berisiko di masa mendatang. *Damage* atau kerusakan bisa diukur dari besaran kehilangan dari keanekaragaman hayati, kualitas kerusakan dan perubahan fungsi ekosistem. Komponen ini dalam indeks kerentanan lingkungan menjadi sub-indeks *Acquired Vulnerability* (kerentanan yang didapat).

Ketiga komponen kerentanan lingkungan di atas kemudian digunakan untuk mengembangkan indikator yang dapat digunakan untuk menghasilkan indeks komposit. Dalam beberapa kasus, jumlah indikator ini bervariasi antara 10 sampai 50 indikator. Indikator-indikator ini juga bisa dikelompokkan ke dalam berbagai macam kategori seperti yang dilakukan oleh Pratt *et al.* (2004) di mana kelompok indikator kerentanan lingkungan antara lain:

1. *hazard*,
2. *resistence*,
3. *damage*,
4. keanekaragaman hayati,
5. perubahan iklim,
6. air,
7. pertanian dan perikanan,
8. aspek kesehatan manusia,
9. *exposure* terhadap bencana alam.

Pengukuran indeks kerentanan secara umum menggunakan dua metode utama yakni metode normalisasi data dan metode pemetaan dalam skala numerik. Meski ada metode yang ketiga yakni dengan metode regresi, metode ini memiliki banyak kelemahan sehingga jarang digunakan dalam menghitung indeks kerentanan (Briguglio, 2001).

Pengukuran indeks kerentanan dengan metode normalisasi dilakukan untuk mengonversi data dari berbagai indikator yang memiliki satuan berbeda, karena setiap data mengandung unit yang berbeda seperti hektar, m<sup>3</sup>/detik, orang/km<sup>2</sup> dan lain sebagainya. Normalisasi diperlukan untuk mengonversi data tersebut menjadi skala 0

sampai 1 dan tidak mengandung metrik apapun. Salah satu metode normalisasi yang umum digunakan adalah metode *max-min* yang dapat ditulis sebagai berikut:

$$V_{ij} = \frac{(X_{ij} - \min X_i)}{(\max X_i - \min X_i)}$$

di mana:

$V_{ij}$  = skor kerentanan terstandarisasi untuk indikator  $i$  dan unit  $j$

$X_{ij}$  = nilai yang diamati untuk indikator  $i$  dan unit  $j$

Nilai  $\max X_i$  dan  $\min X_i$  menunjukkan nilai maksimum dan nilai minimum untuk indikator ke- $i$ .

Hasil standarisasi ini akan menghasilkan nilai antara 0 sampai 1 yang digunakan untuk mengukur indeks kerentanan. Tahapan lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengalikan indikator yang diukur tadi dengan pembobotan baik menggunakan bobot setara untuk setiap indikator maupun bobot yang bervariasi.

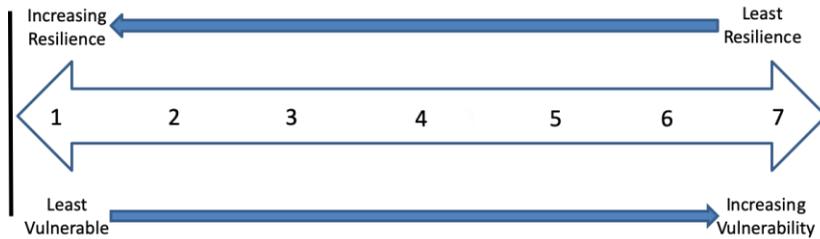
Pengukuran indeks kerentanan dengan menggunakan pemetaan skor dimulai dengan mengkategorikan kejadian (*occurrence*) dalam skala 1 sampai 7. Angka 1 menunjukkan sangat jarang terjadi dan angka 7 menunjukkan sangat sering terjadi. Pendekatan di atas biasa digunakan dalam pendekatan kualitatif untuk mengukur indeks kerentanan. Sebagai contoh dalam kasus banjir, angka 1 menunjukkan tidak pernah banjir dan angka 7 adalah sangat sering terjadi banjir. Penggunaan skala 1 sampai 7 ini menggambarkan rentang yang cukup lebar sehingga angka 4 misalnya menggambarkan nilai tengah dari kejadian tersebut seperti terlihat pada skala pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5  
Tabel Skor Kejadian

1	2	3	4	5	6	7
Tidak pernah	Sangat jarang	Jarang	Rata-rata terjadi	Sedikit di atas rata-rata	Sering terjadi	Sangat sering terjadi

Penentuan skor 1 sampai 7 bisa juga dilakukan dengan *scaling*, yakni menggunakan data sekunder, kemudian dengan menggunakan ambang batas (*cut-off point*) bisa ditentukan skor berdasarkan skala 1 sampai 7. Misalnya saja untuk indikator tutupan lahan (*land cover*), Pratt *et al.* (2004) menggunakan *cut-off point* 40% tutupan lahan. Jadi untuk negara atau daerah dengan tutupan lahan 80% misalnya digunakan skor 1 artinya memiliki resiliensi yang tinggi (kerentanan yang rendah). Demikian juga untuk indikator lain seperti degradasi yang diukur dengan prosentase lahan yang terdegradasi atau terdegradasi parah. Skor 1 menunjukkan degradasi rendah (5%) sehingga menghasilkan resiliensi yang tinggi, sementara skor 7 menunjukkan lebih dari 50% lahan terdegradasi parah.

Hasil *scoring* di atas kemudian bisa dipetakan dalam peta kerentanan sebagaimana terlihat pada Gambar 4.7.



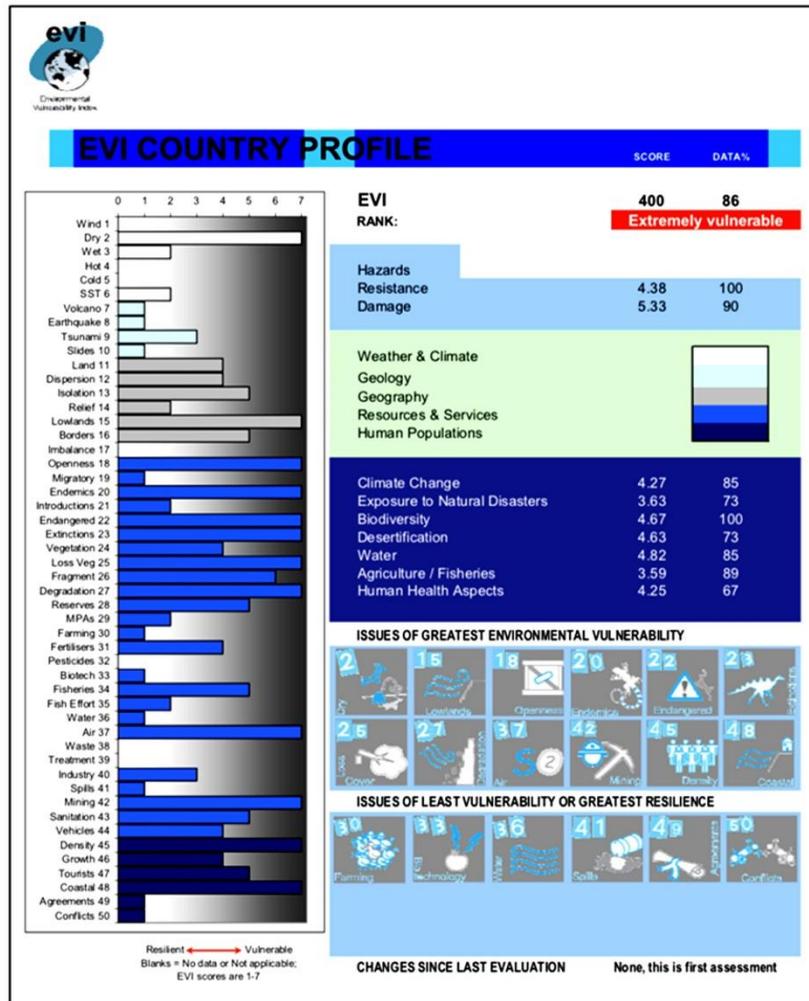
Sumber: Pratt *et al.* (2004)

Gambar 4.7  
Contoh Skala Kerentanan

Pada Gambar 4.7 terlihat bahwa skor yang cenderung kecil menunjukkan tingkat kerentanan yang rendah dan sebaliknya untuk skor yang tinggi. Skor ini berbanding terbalik dengan *resilience* atau ketahanan. Artinya bahwa skor kerentanan yang rendah berasosiasi dengan tingkat *resilience* (ketahanan) yang tinggi dan sebaliknya. Pengembangan skala untuk membentuk EVI sebagaimana dijelaskan di atas, dibangun dengan beberapa asumsi (Pratt *et al.*, 2004).

1. Semakin baik kondisi lingkungan (tidak mengalami kerusakan atau *undamaged*), maka semakin baik daya tahan lingkungan tersebut (resiliensi) terhadap guncangan alam maupun manusia.
2. Lingkungan alam yang berada dalam kondisi baik akan lebih baik melayani kebutuhan manusia dari pada lingkungan yang rusak.
3. Perilaku manusia, pilihan dan kondisi sosial ekonomi adalah bagian dari kerentanan lingkungan. EVI mengukur komponen ini sebagai bagian dari indeks kerentanan.
4. Indikator yang digunakan diasumsikan mewakili kompleksitas ekosistem yang diukur.

Dari hasil pemetaan skor ini kemudian bisa ditampilkan hasil pengukuran kerentanan dengan berbagai macam model dan cara penyajian. Gambar 4.8 menyajikan contoh penyajian indeks kerentanan untuk setiap negara yang dihasilkan dari Pratt *et al.* (2004) bekerja sama dengan badan PBB untuk lingkungan (UNEP).



Sumber: Pratt et al. (2004)

Gambar 4.8  
Contoh Profil Indeks Kerentanan Lingkungan (EVI)

Pada Gambar 4.8, komponen di sebelah menyajikan 50 indikator lingkungan yang diasumsikan relevan dengan kerentanan lingkungan mulai dari data iklim, bencana alam sampai ke sektor ekonomi seperti perikanan, pertambangan, pariwisata dan indikator kerusakan lingkungan (degradasi lahan, pencemaran, sanitasi dan sebagainya). Limapuluh indikator tersebut kemudian di skor dari 1 sampai 7 dengan menggunakan data sekunder dan *cut-off point* sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Semakin besar skor menunjukkan semakin rentan dan semakin kecil akan semakin resilien. Di sebelah kanan atas menunjukkan EVI skor yang dibangun dari tiga komponen yakni *hazard*, *resistance* dan *damage*.

Dua boks di bagian bawah pada Gambar 4.7 menggambarkan indikator apa saja yang merupakan indikator yang paling mengancam kerentanan dan indikator apa saja

yang penting bagi resiliensi. Angka dalam boks menunjukkan nomor indikator. Misalnya salah satu indikator yang mengancam kerentanan adalah indikator nomor 27 (degradasi), 47 ( sektor pertambangan) atau 45 (kepadatan penduduk). Sementara indikator yang berkontribusi meningkatkan ketahanan (resiliensi) misalnya nomor 30 (*farming*) atau 33 (bioteknologi).

### C. PENGUKURAN KERENTANAN UNTUK KEBERLANJUTAN

Beberapa pengukuran kerentanan yang telah kita bahas sebelumnya berkaitan dengan aspek lingkungan secara umum. Dari beberapa penjelasan sebelumnya diketahui bahwa pengukuran kerentanan sangat bergantung pada interaksi dinamis antara sistem manusia dan lingkungan, dan keterpaparan sistem tersebut terhadap *hazard*. Interaksi dinamis tersebut akan banyak berpengaruh terhadap keberlanjutan suatu sistem karena interaksi manusia dan lingkungan merupakan salah satu komponen dalam keberlanjutan. Brooks (2003) menyatakan bahwa dalam analisis kerentanan untuk keberlanjutan, ada beberapa hal yang perlu menjadi pertimbangan karena kegunaan pengukuran kerentanan akan meningkat manakala beberapa faktor berikut diperhatikan.

1. Perhatian langsung terhadap kerentanan ditentukan oleh interaksi manusia dan lingkungan.
2. Identifikasi beberapa keterkaitan yang kompleks serta komponen yang menyertainya akan membantu meningkatkan manfaat ukuran kerentanan dalam keberlanjutan.
3. Memperhatikan skala masalah kerentanan dalam konteks yang kecil, dan juga memahami kerentanan pada area tertentu.
4. Memperhatikan potensi dinamik dalam sistem yang kompleks yang mungkin menimbulkan *hazard* baru.
5. Memfasilitasi identifikasi interaksi kritis dalam interaksi manusia dan lingkungan yang menyediakan peluang untuk merespon bagi pengambilan keputusan.
6. Terbuka terhadap data kuantitatif dan kualitatif serta metode-metode baru untuk melakukan analisis kerentanan.
7. Mengembangkan pengukuran-pengukuran dan model untuk diimplementasikan.

Lebih jauh Brooks (2003) menyatakan bahwa untuk dapat mengaitkan pengukuran kerentanan dengan keberlanjutan diperlukan kematangan dalam memahami isu keberlanjutan secara keseluruhan. Peningkatan pemahaman ini dapat dilakukan dengan memfokuskan pertanyaan kerentanan dan keberlanjutan pada aspek “*so-what question*”. Misalnya apa implikasi dari kerentanan terhadap keberlanjutan ekosistem? Atau keberlanjutan sosial dan ekonomi? *So-what question* merupakan tindak lanjut dari hasil pengukuran kerentanan terhadap aspek keberlanjutan secara lebih luas. Fokus perhatian ini yang telah banyak dikembangkan di berbagai lembaga yang konsern dengan kerentanan dan keberlanjutan, di antaranya adalah *Millenium Assessment*, IPCC

dan berbagai lembaga lainnya. Hal ini merupakan proses pembelajaran masa lalu yang cukup kaya sehingga menghasilkan pengukuran yang lebih komprehensif di masa mendatang.

Keterkaitan antara kerentanan dan keberlanjutan tidak dipungkiri akan semakin kompleks sebagai akibat dari berbagai interaksi dinamis masyarakat dan perkembangan teknologi yang ada saat ini. Demikian juga kebutuhan manusia dan kompleksitas aktivitas ekonomi akan meningkatkan dinamika interaksi tersebut sehingga pengukuran kerentanan dan keberlanjutan di masa mendatang akan terus berkembang dan merupakan ukuran yang bersifat statik.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Cari beberapa parameter dan indikator untuk *hazard dependent vulnerability*!
- 2) Apa saja perbedaan pengukuran kerentanan antara induktif, deduktif dan hirarki?
- 3) Mengapa diperlukan standarisasi dalam pengukuran indeks kerentanan?

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Pelajari dokumen *vulnerability* dari Schneiderbauer dan Ehrlich (2004).
- 2) Perhatikan dengan seksama Tabel 4.4.
- 3) Pelajari dengan seksama bagian pengukuran kerentanan dengan indeks.



### Rangkuman

Kerentanan merupakan salah satu variabel penting dalam mempelajari risiko lingkungan. Kerentanan sangat bersifat multidimensi baik dari aspek ekonomi, sosial, maupun lingkungan. Demikian juga indikator dan parameter berkaitan dengan pengukuran kerentanan sangat tergantung dari unit yang dianalisis, dan apakah kerentanan tersebut berkaitan dengan *hazard* atau tidak. Oleh karena kompleksitas indikator dan parameter yang berkaitan dengan kerentanan tersebut, maka pengukuran kerentanan lebih mudah digunakan dengan menggunakan indeks komposit. Indeks ini merupakan penyederhanaan dari dimensi kerentanan yang kompleks, namun mampu memberikan informasi yang berharga dalam memahami kerentanan.

Indeks kerentanan bisa diukur secara terpisah baik untuk ekonomi, sosial lingkungan, maupun agregasi dari ketiga ukuran tersebut. Setiap pengukuran tentu memiliki kelebihan dan kekurangan, sehingga indeks kerentanan terus mengalami perbaikan baik dari sisi metodologi maupun dari sisi data dan informasi yang digunakan.



## Tes Formatif 2

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan lima pertanyaan mendasar terkait dengan kaidah pengukuran kerentanan!
- 2) Jelaskan pertimbangan-pertimbangan dalam penggunaan indeks komposit kerentanan!
- 3) Jelaskan tiga komponen utama dalam pengukuran kerentanan lingkungan !
- 4) Uraikan asumsi-asumsi yang dibangun untuk mengukur kerentanan lingkungan (EVI)!
- 5) Apa saja yang perlu dipahami untuk mengaitkan antara kerentanan dan keberlanjutan?

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. Pengukuran melalui CoV dilakukan dengan membagi simpangan baku dengan nilai rata-rata atau *standard deviation* dibagi dengan *mean* dikalikan dengan 100.
2. Profil risiko dibangun dengan menggunakan *rating* (misalnya dari skala 1 sampai 10) yang menggambarkan produk peluang terjadinya risiko (*likelihood*) dengan dampak yang ditimbulkan (*consequences*).
3. Komponen utama EPI adalah *environmental health* (kesehatan lingkungan) dengan *ecosystem vitality* (vitalitas ekosistem) dengan bobot masing-masing 40% dan 60%.
4. Komponen HPI dibangun dengan mengalikan *well-being* dengan angka harapan hidup dan ketimpangan *outcomes* dibagi dengan jejak ekologis.
5. Jejak ekologis menggambarkan konsumsi terhadap lahan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi manusia, dengan demikian jejak ekologi yang tinggi menunjukkan kebutuhan lahan yang tinggi yang bisa menimbulkan konversi lahan yang berakibat pada peningkatan risiko.

### *Tes Formatif 2*

1. Lima pertanyaan dasar kaidah pengukuran kerentanan adalah : *What is the extent of vulnerability, Who is vulnerable, What are the sources of vulnerability?, How do households respond to shock, dan What gaps exist between risks and risk management mechanisms?*
2. Kesederhanaan (*simplicity*), mudah dipahami, kesesuaian untuk dibandingkan.
3. *Hazard*, resistensi (*resilience*), dan kerusakan (*damage*).
4. Kerentanan lingkungan dibangun dengan asumsi :
  - a. Semakin baik kondisi lingkungan (tidak mengalami kerusakan atau *undamaged*).
  - b. Lingkungan alam yang berada dalam kondisi baik akan lebih baik melayani kebutuhan manusia dari pada lingkungan yang rusak.
  - c. Perilaku manusia, pilihan dan kondisi sosial ekonomi adalah bagian dari kerentanan lingkungan.
  - d. Indikator yang digunakan diasumsikan mewakili kompleksitas ekosistem yang diukur.
5. Peningkatan pemahaman ini dapat dilakukan dengan memfokuskan pertanyaan kerentanan dan keberlanjutan pada aspek “*so-what question*”.

## Daftar Pustaka

- Briguglio, L. (1995). Small island states and their economic vulnerabilities. *World Development*, 23, 1615-1632.
- \_\_\_\_\_. (2001). *The vulnerability index*, paper presented at the AOSIS Workshop on Trade, Sustainable Development and SIDS, Montego Bay, Jamaica, 12–15 December.
- Briguglio, L., & Galea, W. (2003). *Updating and augmenting the economic vulnerability index*, Occasional Paper on Islands and Small States No. 2004/4, Islands and Small States Institute of the University of Malta, Malta.
- Burton, C., Rufat, S., & Tate, E. (2018). Social vulnerability. In Fuchs, S. & Thaler, T. (Eds.), *Vulnerability and resilience to natural hazards*. Cambridge University Press, 53-81.
- Hoddinott, J., & Quisumbing, A. (2003). *Methods for microeconomic risk and vulnerability assessments*. Social Protection Discussion Paper. Social Protection Unit, Human Development Network. World Bank.
- Holzmann, P., Boudreau, T., Holt, J., Lawrence, M., & O'Donnell, M. (2008). *The household economy approach: A guide for programme planners and policy-makers*. UK: Save the Children.
- Hoti, S., Pauwels, L. L., & McAleer, M. (2014). Measuring environmental risk. *International Congress on Environmental Modelling and Software*. 214.  
<https://scholarsarchive.byu.edu/iemssconference/2004/all/214>
- Melko, A., & Ievins, J. (2012). Methods of the environmental risk analysis and assessment, the modified method of the risk index. *Safety of Technogenic Environment*, Vol 2, 50-56.
- Moret, W. (2014). *Vulnerability assessment methodologies: Review of the literature*. USAID Report.
- Naudé, Wim, A.U. Santos-Paulino., & McGillivray, M. (2009). *Measuring vulnerability: An overview and introduction*. *Oxford Development Studies*, 37: (3), 183 — 191.

- Pratt, C. R., Kaly, U. L., & Mitchell, J. (2004). Manual: How to use the environmental vulnerability index (EVI). *SOPAC Technical Report 383*, 60 pp; 1 appendix, 2 figures. United Nations Environment Programme (UNEP). South Pacific Applied Geoscience Commission (SOPAC).
- Springer C., Gibbons, L., & Bikenibeu. (2002). *Towards managing social vulnerability of the SIDS*. Paper prepared Global Roundtable for The World Summit on Sustainable Development Vulnerability and Small Island Developing States: Exploring Mechanisms for Partnerships. Montego Bay, JAMAICA 9-10 May 2002.
- Uddin, N., & Ang, A. H. S. (2011). Quantitative risk assessment (QRA) for natural hazards. *ASCE Monograph*, No. 5. Virginia, USA.
- Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., et al. (2020). *2020 environmental performance index*. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law & Policy.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 05

*Discounting* dalam  
Analisis Risiko  
Lingkungan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

## Modul 05 5.1

*Discounting* dalam Analisis Risiko  
Lingkungan

**Kegiatan Belajar 1** 5.4  
Peran *Discounting* dalam Analisis  
Risiko Lingkungan

**Latihan** 5.16  
**Rangkuman** 5.16  
**Tes Formatif 1** 5.16

**Kegiatan Belajar 2** 5.17  
Teknik Penghitungan *Discounting*

**Latihan** 5.23  
**Rangkuman** 5.24  
**Tes Formatif 2** 5.24

**Kunci Jawaban Tes Formatif** 5.25  
**Daftar Pustaka** 5.27



## Pendahuluan

Analisis risiko lingkungan bukan hanya melibatkan dimensi ruang seperti cakupan wilayah atau luasan dampak yang terkena risiko, tetapi juga menyangkut dimensi waktu antara lain berapa lama dan kapan kerusakan lingkungan yang menimbulkan risiko terjadi. Kerusakan lingkungan akibat perubahan iklim misalnya, mungkin saja baru dirasakan 50 sampai 100 tahun mendatang, namun biaya untuk mencegah kerusakan tersebut harus dimulai dari generasi saat ini. Program-program pemerintah saat ini yang ditujukan untuk memperbaiki lingkungan, mungkin baru akan dirasakan manfaatnya oleh generasi mendatang, namun biayanya harus dibebankan kepada generasi sekarang.

Pertimbangan dimensi waktu juga berkaitan dengan penghitungan yang setara (*comparable*) antara satu periode dengan periode lainnya sehingga menghasilkan analisis risiko yang bisa dipertanggungjawabkan. Rincian penggunaan penghitungan risiko antarwaktu yang dapat diperbandingkan ini nantinya akan digunakan lebih rinci pada metode modul *Habitat Equivalency Analysis* yang menghitung risiko kerusakan berdasarkan dimensi ruang dan waktu.

Pada modul ini akan dikenalkan konsep dasar dalam penggunaan penghitungan nilai antarwaktu dengan teknik *discounting* (*diskonto*). Pada KB-1 akan disampaikan terlebih dahulu pentingnya *discounting* dalam analisis risiko lingkungan, kemudian pada KB-2 akan disampaikan contoh aplikasi penghitungan *discounting* melalui pendekatan *net present value* (NPV).

# Peran *Discounting* dalam Analisis Risiko Lingkungan

## A. *OVERVIEW DISCOUNTING*

Sebagaimana telah dibahas pada modul-modul sebelumnya, risiko lingkungan bisa menimbulkan dampak bukan hanya pada saat ini melainkan juga berlangsung dalam waktu yang relatif lama di masa mendatang. Sebagai contoh, dampak polusi perkotaan bisa dirasakan dalam 10 hingga 20 tahun ke depan. Gas rumah kaca (GHG) sebagai penyebab timbulnya perubahan iklim bahkan bisa berlangsung lebih lama lagi. Konsekuensi ini bisa cukup serius di masa mendatang, jika tidak dilakukan penghitungan risiko yang tepat.

Demikian juga halnya dengan layanan ekosistem seperti fungsi penyediaan pangan, fungsi pengaturan air dan udara (*regulating services*) atau keanekaragaman hayati. Kerusakan atau kehilangan layanan dari ekosistem dan keanekaragaman hayati ini akan berimplikasi cukup besar bagi generasi yang akan datang. Keanekaragaman hayati menjadi sumber pangan dan obata-obatan yang penting bagi kehidupan manusia, sehingga kehilangan sumber pangan dan obat-obatan dapat mengancam *well-being* generasi mendatang. Kecenderungan generasi sekarang untuk mengekstrak sumber daya alam yang tinggi menunjukkan tingkat preferensi konsumsi yang tinggi untuk saat ini atau dalam bahasa sehari-hari identik dengan tingkat ketidaksabaran yang tinggi. Dalam istilah ekonomi, tingkat ketidaksabaran yang tinggi atau positif ini diistilahkan dengan *discount factor* yang positif atau tinggi. Proses membandingkan preferensi antar waktu melalui penggunaan *discount factor* ini dikenal dengan *discounting*. Dengan *discounting* bukan saja kita melihat perbedaan preferens, namun kita juga mempertimbangkan manfaat dan kerugian yang akan timbul di masa mendatang sesuai dengan tingkat *discount factor* nya atau tingkat preferensinya. Sebaliknya dengan mengabaikan *discounting*, maka kita menganggap nilai kerugian yang muncul saat ini sama saja untuk waktu kapan pun di masa mendatang. Hal ini, selain tidak adil (*fairness*) bagi generasi mendatang, juga bisa menimbulkan realokasi sumber daya yang tidak efisien antara masa kini dan masa mendatang.

*Discounting* sebenarnya bukan hanya masalah lingkungan atau ekosistem semata. Bahkan dalam kehidupan sehari-hari kita melakukan *discounting* ketika kita harus memilih antara konsumsi sekarang atau nanti, atau memilih manfaat sekarang atau nanti. Bahkan tidak jarang pilihan saat ini mengabaikan risiko yang akan ditimbulkan

di kemudian hari. Misalnya saja di era Covid-19 saat ini, banyak orang mengabaikan protokol kesehatan seperti para pengamen di jalanan yang tetap mengamen di angkot atau di lampu merah tanpa menggunakan masker, mencuci tangan atau menjaga jarak. Bagi mereka, manfaat yang diperoleh saat ini dari mengamen jauh lebih berharga daripada risiko tertular covid. Demikian juga para pecandu narkoba, meski peringatan bahaya narkoba dan risiko sosial, ekonomi dan kesehatan yang diakibatkan dari konsumsi narkoba sangat besar, mereka cenderung memilih manfaat konsumsi tersebut daripada risiko di masa mendatang. Dari beberapa contoh di atas, dapat dikatakan bahwa kerugian yang akan datang didiskon sangat besar sehingga tidak memiliki nilai jika dilihat dari waktu saat ini.

Dalam konteks yang lebih empiris, Amy Maxen dari John Hopkins *Bloomberg School of Public Health* Amerika Serikat meneliti bagaimana masyarakat perdesaan di *Democratic Republic of Congo* atau DRC (Kongo) mengalami gangguan penyakit yang disebut konzo erat kaitannya dengan *discounting* sebagaimana terlihat pada judul berita pada Gambar 5.1.

### **Why discounting matters -from cassava to chaos in the Democratic Republic of Congo.**



Sumber: gambar mereconomics.com (2017)

Gambar 5.1  
*Discounting* dan Kehidupan Petani di Afrika

Pada kasus di Kongo, masyarakat perdesaan di sana mengonsumsi singkong sebagai makanan sehari-hari. Namun singkong tersebut harus dicuci terlebih dahulu selama satu minggu di sungai yang mengalir untuk menghilangkan kandungan sianida yang terdapat dalam singkong (seperti terlihat pada Gambar 5.2).



Sumber: Gambar Neil Brandvold untuk NPR

Gambar 5.2  
Pencucian Singkong untuk Meghilangkan Sianida

Meski mencuci singkong selama seminggu akan menghasilkan manfaat dalam jangka panjang berupa makanan yang aman dikonsumsi, namun masyarakat perdesaan di Kongo cenderung melewati proses yang memakan waktu tersebut. Selain ketidaksabaran untuk mengonsumsi singkong secepat mungkin, mencuci singkong di sungai juga rawan terhadap serangan gerombolan milisi yang sering menyerang penduduk desa dan merebut hasil panen mereka. Dalam kasus ini, masyarakat perdesaan melakukan *discounting* yang sangat besar karena manfaat di masa mendatang dinilai lebih kecil dibanding dengan “biaya” yang timbul akibat penyakit konzo tersebut.

Kisah nyata di atas sekedar memberikan ilustrasi bahwa meski dalam perdebatan ilmiah, *discounting* sering dianggap kontroversial karena memberikan nilai manfaat yang rendah di masa mendatang, namun *discounting* merupakan bagian yang tidak bisa dihindari dalam analisis manfaat dan biaya, terlebih lagi ada unsur risiko dan ketidakpastian di dalamnya. Kontroversi seputar penggunaan *discounting* bisa dilihat pada Price (2009), Hardisty dan Weber (2009) dan beberapa literatur lainnya.

Ilustrasi di atas juga memberikan gambaran bahwa risiko dan ketidakpastian akan mempengaruhi preferensi masyarakat. Dalam kasus di atas misalnya, masyarakat lebih memilih (*prefer*) untuk mengonsumsi saat ini meski makanan tersebut masih mengandung racun sianida ketimbang menunda konsumsi yang lebih aman di masa

mendatang. Demikian pula halnya dalam konteks risiko lingkungan yang lebih luas. Risiko lingkungan juga akan mempengaruhi perilaku atau preferensi masyarakat antara saat ini dan masa mendatang. Dalam perspektif ekonomi, masyarakat diasumsikan memiliki preferensi *intertemporal* antara saat ini dan mendatang sehingga keputusan untuk mengonsumsi saat ini akan berpengaruh terhadap konsumsi di masa mendatang. Pandangan ini telah dikemukakan sejak tahun 1930an oleh ekonom Irving Fisher yang mengenalkan teori konsumsi antarwaktu (*intertemporal consumption*). Konsekuensi dari pilihan antarwaktu ini (*intertemporal*) akan mengakibatkan adanya *trade-off* antara konsumsi saat ini dan mendatang dengan *borrowing* (meminjam) dan *saving* (menabung).

Selain mengubah preferensi, keberadaan risiko juga akan menimbulkan perbedaan *judgement* (pertimbangan) terhadap risiko yang ditimbulkan dari kerusakan lingkungan. Jika masyarakat menyadari dampak kerusakan yang akan ditimbulkan oleh kegiatan yang merusak sumber bahan pangan misalnya, maka kemungkinan terjadi dua hal. Pertama, masyarakat akan cenderung mengonsumsi sekarang untuk menghindari kerugian atau kurangnya ketersediaan konsumsi di masa mendatang. Dalam teori ekonomi, preferensi ke masa kini tersebut diwakili dengan tingkat *discounting* yang tinggi pada saat ini. Kedua, bisa juga terjadi sebaliknya yaitu masyarakat akan menabung untuk memperbaiki kerusakan lingkungan sehingga ketersediaan sumber pangan di masa mendatang bisa terjamin. Preferensi seperti ini diwakili oleh preferensi atau tingkat *discounting* yang rendah.

Dalam konteks risiko lingkungan, *discounting* diperlukan karena tiga alasan utama sebagaimana dikemukakan oleh Hellweg *et al.* (2003). Pertama adalah preferensi waktu murni (*pure time preference*). Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, masyarakat cenderung memilih mengonsumsi saat ini dibandingkan dengan di masa mendatang sehingga besaran *discounting* yakni dalam bentuk *discount rate* (akan dijelaskan pada bagian B) akan menentukan nilai kerusakan yang ditimbulkan di masa mendatang dan konsekuensi sosial ekonomi lainnya. Besaran *discount rate* ini akan menggambarkan preferensi murni yaitu apakah masyarakat cenderung memiliki konsumsi saat ini atau di masa mendatang, dan apakah nilai kerusakan saat ini atau di masa mendatang jika dinilai secara moneter meningkat atau menurun dilihat dari kondisi saat ini.

Alasan kedua berkaitan dengan produktivitas modal dan *diminishing marginal utility of consumption* (DMU). Dalam perspektif teori neoklasikal, penambahan konsumsi di masa mendatang dinilai lebih rendah dari saat ini. Konsep *diminishing marginal utility* adalah konsep ekonomi neoklasikal yang menggambarkan bahwa penambahan unit konsumsi akan meningkat pada awalnya, namun setiap penambahan ini akan mengalami peningkatan dengan laju yang menurun. Contoh sederhana, jika Anda suka kue coklat misalnya, penambahan satu potong mungkin akan meningkatkan kepuasan Anda. Akan tetapi, ketika penambahan kue coklat pada tambahan ke-4 atau ke-5, mungkin akan menurunkan tambahan kepuasan Anda, bahkan bisa jadi Anda

mual. Inilah yang kemudian dikenal dengan *diminishing marginal utility*. Dalam konteks analisis risiko lingkungan, *discounting* dalam perspektif produktivitas modal dan DMU menunjukkan keterkaitan antara kerusakan lingkungan dengan nilai ekonominya.

Berdasarkan alasan produktivitas, modal yang dimiliki oleh seseorang atau masyarakat dapat diinvestasikan pada kegiatan ekonomi lainnya sehingga menghasilkan manfaat di masa mendatang. Dengan demikian mengalokasikan modal tersebut untuk memperbaiki kerusakan lingkungan, misalnya, akan menimbulkan *trade-off* antara kedua pilihan tersebut. Oleh karenanya, penilaian terhadap dampak yang ditimbulkan dari kerusakan lingkungan, atau dikenal dengan valuasi ekonomi, harus mempertimbangkan *trade off* tersebut. Penilaian kerusakan lingkungan dengan mempertimbangkan *trade-off* tersebut pada hakekatnya adalah melakukan valuasi dengan menggunakan *discounting*.

Alasan ketiga penggunaan *discounting* dalam risiko lingkungan adalah berkaitan dengan aspek ketidakpastian. Dalam konteks ini, ketidakpastian bisa dilihat dari keberadaan, besaran, dan kualitas kerusakan lingkungan yang ditimbulkan di masa mendatang. Misalnya saja pada awalnya kita menduga kerusakan lahan akibat deforestasi 1000 hektar, namun ternyata bisa meluas sampai dua atau tiga kali lipat. Demikian juga dengan kualitas lingkungan yang ditimbulkan. Pada awalnya mungkin diduga hanya jenis tumbuhan tertentu yang terdampak, namun nyatanya juga melibatkan kerusakan ekosistem lainnya yang lebih luas. Adanya ketidakpastian ini akan menimbulkan perbedaan pada penghitungan nilai ekonomi dari kerusakan lingkungan. Perbedaan akibat ketidakpastian ini diwakili oleh *discounting*.

Ketidakpastian bukan saja mengubah besaran dan kualitas dari lingkungan, tetapi juga berkaitan dengan aspek manfaat dan biaya kegiatan yang berkaitan dengan lingkungan di masa mendatang. Misalnya saja, pemerintah akan melakukan restorasi ekosistem yang rusak. Ada kemungkinan manfaat yang akan diperoleh tidak sesuai dengan yang diperkirakan semula. Misalnya, bencana alam dapat mengubah rencana tersebut sehingga mengurangi manfaat yang akan diperoleh dari program restorasi tersebut. Dalam konteks inilah *discounting* diperlukan untuk mengubah skenario manfaat dan biaya yang akan terjadi di masa mendatang. Tabel 5.1 berikut memberikan gambaran antara alasan atau motivasi dilakukannya *discounting* dengan beberapa contoh risiko lingkungan yang diadopsi dari Helweg *et al.* (2003).

Tabel 5.1  
Motivasi *Discounting* dan Contohnya

Motivasi <i>discounting</i>	Contoh lingkungan
Perubahan besaran kerusakan	Konsentrasi bahan pencemar yang bersifat non-linear dan fungsi dari waktu sehingga dampak di masa mendatang sangat berbeda dengan kondisi saat ini.

Motivasi <i>discounting</i>	Contoh lingkungan
Preferensi waktu murni ( <i>pure time preference</i> )	Misalnya dua tipe teknologi A dan B melepaskan emisi dalam jumlah yang sama, namun dengan waktu yang berbeda. Teknologi A melepas emisi saat sekarang, sementara teknologi B, 100 tahun mendatang. Meski dampak terhadap lingkungan akan sama, <i>discounting</i> menyebabkan teknologi B lebih dipilih daripada teknologi A
Produktivitas modal	Berkaitan dengan biaya pencegahan dan kompensasi apakah akan investasi atau memberikan kompensasi saat ini atau nanti tergantung dari produktivitas modal.
Ketidakpastian	Teknologi baru akan dikembangkan sehingga dapat mencegah semua kerusakan (alasan untuk menggunakan discount rate positif), sehingga nilai kerusakan di masa mendatang dinilai relatif kecil.

Sumber: Helwegg *et al* (2003)

## B KONSEP *DISCOUNTING*

Pada bagian A, kita telah melakukan *overview* berkaitan dengan peran *discounting* serta pentingnya memahami pertimbangan atau *trade off* antarwaktu berkaitan dengan risiko lingkungan melalui *discounting*. Pada bagian ini akan dijelaskan lebih rinci pemahaman terkait dengan konsep *discounting* itu sendiri.

*Discounting* sebenarnya fenomena sehari-hari yang banyak kita temukan dalam kehidupan kita. Ketika Anda membeli barang elektronik misalnya, si penjual akan menawarkan Anda pembayaran tunai Rp 9 juta rupiah atau cicilan sebesar Rp 800 ribu per bulan selama 12 bulan. Ketika Anda memilih pilihan kedua, Anda sebenarnya sudah melakukan prinsip *discounting*. Anda lebih memilih pembayaran kecil di awal daripada pembayaran sebesar Rp 9 juta dan dalam pembayaran tersebut ada “ongkos tambahan” yang harus dibayar berupa “*discount rate*”. Dalam ilustrasi ini, secara sederhana *discounting* menggambarkan penilaian atau valuasi saat ini dan mendatang dengan pertimbangan biaya dan manfaat.

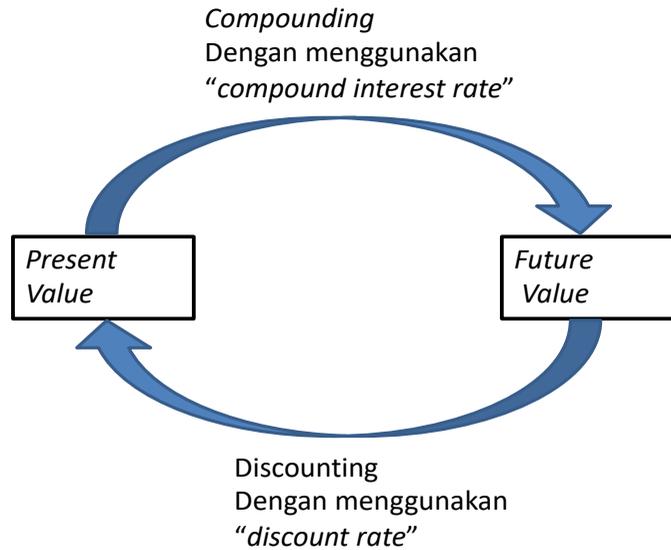
Lalu mengapa kita harus peduli dengan *discounting*? Fauzi (2014) menjelaskan bagaimana pandangan analisis biaya dan manfaat dengan dan tanpa *discounting*. Sebagaimana dikutip dalam Fauzi (2014), bayangkan jika kita asumsikan bahwa manfaat dan biaya yang akan terjadi di masa mendatang dianggap sama dengan manfaat dan biaya yang kita rasakan atau kita bayar saat ini (secara implisit kita mengasumsikan *discount rate* sama dengan nol). Situasi ini akan menimbulkan paradoks atau anomali.

Guth (2009) melihat anomali ini dari dua sisi. Pertama adalah kemungkinan adanya keengganan atau ketidakmauan generasi saat ini untuk membayar biaya yang begitu besar yang terjadi di masa mendatang karena adanya *opportunity cost of capital*. Misalnya saja, terjadi kerusakan lingkungan karena radiasi nuklir atau bahaya lingkungan yang besar lainnya, yang akan berakibat pada kerusakan lingkungan secara permanen di masa mendatang. Jika kita hitung kerugian ini tanpa menggunakan *discounting*, maka besaran (nilai) kerusakan ini akan berakumulasi tahun demi tahun, dan dalam jangka waktu lama akan menjadi sangat besar (katakanlah ratusan triliun rupiah). Dengan nilai kerusakan yang begitu besar, mungkinkah seluruh sumber daya yang ada saat ini dimanfaatkan untuk membayar biaya kerusakan yang begitu besar di masa mendatang? Generasi saat ini mungkin lebih memilih membelanjakan sumber daya tersebut untuk kepentingan lain yang lebih produktif sebagai konsekuensi prinsip *opportunity cost of capital*. *Discounting* menghindari terjadinya situasi yang muskhill ini karena dengan adanya *discounting* nilai setiap rupiah kerusakan lingkungan akan mengecil di masa mendatang sehingga tidak akan berakumulasi demikian besar.

Faktor lain yang menyebabkan adanya anomali tanpa menggunakan *discounting* adalah aspek konsistensi dan rasionalitas. Dalam perspektif ekonomi neoklasikal, menggunakan *discount rate* sama dengan nol akan menimbulkan insentif untuk menunda belanja yang akan menghasilkan aliran manfaat di masa mendatang. Jika manfaat saat ini diasumsikan sama dengan manfaat yang akan terjadi di masa mendatang (tanpa *discounting*), maka tentu tidak konsisten dan tidak rasional untuk membelanjakan sesuatu sampai waktu yang cukup lama karena akan menghasilkan manfaat yang sama. *Discounting* akan menghindari kedua anomali tersebut sehingga perbandingan manfaat dan biaya di masa kini dan mendatang menjadi sebanding dan konsisten dengan rasionalitas manusia yang cenderung memiliki preferensi waktu yang positif.

Dalam konteks kerusakan lingkungan, sebagaimana telah digambarkan pada bagian A, pemahaman terhadap kerusakan lingkungan berkaitan dengan valuasi risiko itu sendiri antara masa kini dan mendatang. Dengan kata lain, pemahaman terhadap risiko lingkungan melibatkan keputusan terhadap risiko lingkungan tersebut, khususnya apa yang akan terjadi di masa mendatang. Setiap keputusan menyangkut risiko antarwaktu ini, dalam perspektif ekonomi, akan melibatkan aspek biaya dan manfaat.

Fauzi (2014) menjelaskan bahwa *discounting* pada prinsipnya adalah prosedur ekonomi yang mentransformasikan aliran moneter (uang) baik yang terjadi antarwaktu maupun pada waktu tertentu pada suatu nilai yang setara saat ini. Dapat juga diartikan bahwa *discounting* adalah menentukan nilai kini dari manfaat dan biaya yang akan terjadi di masa mendatang melalui pembobotan yang disebut "*discount factor*". *Discounting* merupakan kebalikan dari "*compounding*" yang menilai aliran saat ini dilihat di masa mendatang. Perbedaan keduanya terlihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3  
Perbedaan *Discounting* dan *Compounding*

Sebagaimana disebutkan di atas, *discounting* juga pada hakikatnya mencerminkan preferensi masyarakat untuk mengonsumsi sekarang daripada konsumsi mendatang, dan modal yang diinvestasikan bersifat produktif dan menyediakan manfaat yang positif di masa mendatang. Dalam konteks analisis lingkungan maupun risiko kerusakan, *discounting* yang dimaksud adalah *social discounting* yakni *discounting* dari persepektif masyarakat secara keseluruhan. Hal ini untuk membedakan dengan *private discounting* yang lebih memfokuskan pada *discounting* dari perspektif individu dan unit usaha.

Dari penjelasan di atas, tampak bahwa dalam *discounting*, *discount factor* yang di dalamnya mengandung *discount rate* memegang peranan penting. Hubungan antara *discount factor* dan *discount rate* tercermin dalam persamaan sederhana berikut ini:

$$d = 1/(1 + r)^t$$

di mana  $d$  adalah *discount factor*,  $r$  adalah *discount rate* dan  $t$  adalah periode waktu. *Discount rate* merupakan "jantung"nya *discounting* karena parameter ini akan menentukan besaran nilai sekarang dan nanti. *Discount rate* sendiri diartikan sebagai *rate* di mana masyarakat secara umum sanggup melakukan *trade off* manfaat saat ini untuk masa mendatang. *Discount rate* menjadi faktor pembobot dari pertukaran (*trade*) manfaat antarwaktu tersebut. Misalnya saja ketika masyarakat harus memutuskan untuk menjalankan proyek yang bermanfaat dalam jangka panjang (misalnya perlindungan lahan basah) dengan proyek jangka pendek (misalnya penebangan hutan yang dekat dengan lahan basah tadi). Dalam memutuskan pilihan di

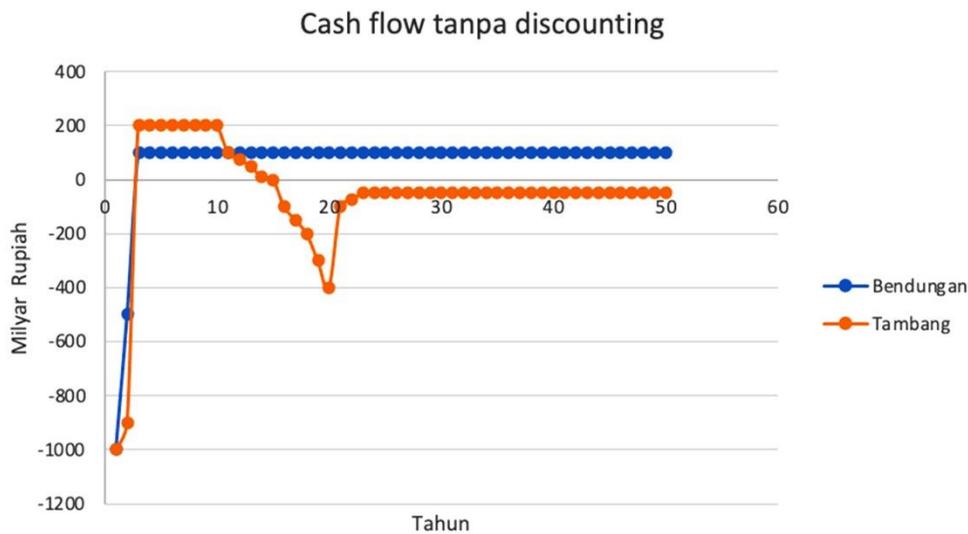
antara dua proyek tersebut, penentuan *discount rate* akan sangat menentukan. Oleh karena itu, pemilihan *discount rate* yang tepat menjadi salah satu isu penting baik dalam analisis risiko lingkungan maupun analisis lingkungan secara keseluruhan.

Secara umum terkait dengan besaran *discount rate* dapat disarikan sebagai berikut (Prest, 2020).

1. *Discount rate* sebesar nol. Besaran *discount rate* sebesar nol (*zero*) atau tidak menggunakan *discount rate* dalam perhitungan analisis biaya dan manfaat menunjukkan bahwa manfaat saat ini dan juga manfaat di masa mendatang dinilai setara. Dengan kata lain, tidak ada perbedaan preferensi antara menerima manfaat saat ini dengan menerima manfaat di masa mendatang.
2. *Discount rate* rendah. Besaran *discount rate* yang positif namun lebih rendah misalnya dari tingkat suku bunga di bank (katakanlah antara 1% sampai 3% ) menunjukkan bahwa nilai saat ini sedikit lebih berharga dari nilai manfaat di masa mendatang.
3. *Discount rate* yang tinggi. Besaran *discount rate* yang tinggi, (biasanya di atas 20%) menunjukkan bahwa manfaat saat ini dinilai jauh sangat berharga dibanding manfaat yang diperoleh di masa mendatang, sehingga ada kecenderungan untuk menggeser konsumsi saat ini dengan mengabaikan ketersediaan atau kesempatan untuk konsumsi di masa mendatang.

Untuk memberikan ilustrasi dampak dari penggunaan *discount rate* nol dan positif terhadap *cashflow* dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5. Dimisalkan ada dua pilihan proyek yang akan dibangun. Pertama membangun bendungan dan kedua melakukan ekstraksi penambangan. Katakanlah biaya keduanya sama, namun risiko lingkungan yang ditimbulkan tentu berbeda. Bendungan akan menghalangi jalur migrasi ikan misalnya, atau merendam ekosistem penting lainnya. Sementara penambangan selain akan merusak bentang alam, juga akan menghasilkan sisa bekas tambang yang harus dipulihkan selama puluhan tahun.

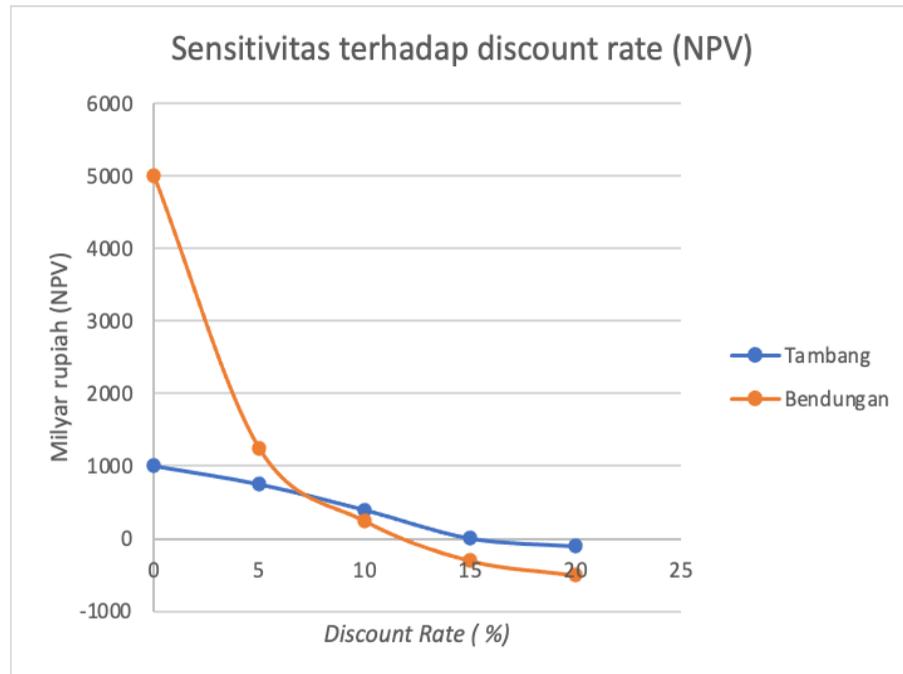
Jika tidak dilakukan *discounting*, maka gambaran *cashflow* dari kedua kegiatan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut. Nampak dari Gambar 5.4. tanpa *discounting*, proyek bendungan akan memberikan manfaat yang positif selama 50 tahun mendatang, sementara proyek penambangan hanya akan memberikan manfaat positif pada 10 tahun pertama. Setelah tambang habis, *cashflow* akan negatif sampai 50 tahun mendatang. Mungkin ini pula alasan sebagian orang akan memilih tambang karena hasilnya cepat dan besar atau memilih bendungan karena manfaat jangka panjang yang positif. Namun pilihan ini tentu tidak sepenuhnya tepat karena kita membandingkan manfaat saat ini sampai 50 tahun mendatang dengan rupiah yang tetap (konstan). Artinya rupiah saat ini dan 50 tahun mendatang dianggap memiliki nilai yang sama atau dengan kata lain *discount factor* sama dengan nol.



Gambar 5.4  
Ilustrasi *Cashflow Tanpa Discounting*

Pada Gambar 5.5, kedua contoh proyek dalam ilustrasi ini dihitung dengan *discounting* melalui perhitungan *net present value* (akan dijelaskan secara lebih rinci pada KB-2), dengan tingkat *discount rate* yang beragam dari 0% sampai 20%. Dari Gambar 5.5 terlihat bahwa pada *discount rate* yang rendah, proyek bendungan cenderung memberikan manfaat (NPV) yang tinggi, sementara pada proyek penambangan manfaat yang tinggi didapat pada *discount rate* yang tinggi. Secara logis ini berkaitan dengan *pure time preference* yang telah kita diskusikan di atas. Penambangan misalnya cenderung menghasilkan manfaat yang relatif lebih cepat dibanding dengan bendungan. Biaya korbanan dari penambangan juga relatif lebih besar karena memerlukan modal yang masif dan risiko yang tinggi (misalnya tidak ditemukan cadangan yang banyak dan sebagainya).

Ilustrasi di atas hanya menunjukkan bagaimana penggunaan *discount rate* akan berimplikasi berbeda terhadap perhitungan ekonomi dan pengambilan keputusan dibanding dengan tanpa penggunaan *discount rate*. Ilustrasi ini juga memberikan gambaran besaran dampak *discount rate* pada suatu proyek atau kegiatan yang berimplikasi berbeda pada manfaat yang diperoleh baik pada jangka pendek maupun jangka panjang.



Gambar 5.5  
Ilustrasi *Sensitivitas Discount Rate* pada Dua Proyek yang Berbeda

Lalu apa yang menjadi pertimbangan dalam memilih *discount rate* yang tepat?. Prest (2020) menyatakan bahwa secara teoritis terdapat dua cara pendekatan dalam memilih *discount rate*. Pertama adalah pendekatan *prescriptive* atau pendekatan normatif, dan kedua adalah pendekatan *descriptive* atau pendekatan positif. Pendekatan *prescriptive* didasarkan pada pertimbangan etis atau filosofis yang mempertimbangkan aspek seberapa besar kita menilai *well-being* (atau kesejahteraan) masyarakat pada waktu yang berbeda. Besaran *discount rate* dengan pendekatan ini biasanya ditentukan dari berbagai studi literatur yang telah banyak digunakan dalam kasus-kasus besar dan berdampak besar seperti perubahan iklim atau energi terbarukan.

Sebaliknya pada pendekatan deskriptif atau pendekatan positif, penentuan atau pilihan *discount rate* didasarkan pada *outcome* yang sudah direalisasikan oleh masyarakat dan mudah diamati. Tingkat suku bunga perbankan misalnya, sering dijadikan acuan pilihan *discount rate* melalui pendekatan ini karena bisa diamati dan menggambarkan realitas perilaku masyarakat dalam menyikapi *outcome* konsumsi atau investasi saat ini dan di masa mendatang. *Discount rate* yang dipilih berdasarkan deskriptif ini, juga sering dikenal dengan *interest rate*. Namun dalam konteks penilaian risiko lingkungan, keduanya sering dibedakan dalam filosofi penggunaannya. Meskipun secara matematis, keduanya diperlakukan sama, namun makna atau konteksnya berbeda. Besaran *interest rate* bersifat eksogen atau ditentukan oleh eksternal, sedangkan besaran *discount rate* ditentukan oleh kita sendiri. Dalam analisis risiko

lingkungan, misalnya, kita lah yang menentukan tingkat *discount rate* yang akan digunakan dalam analisis. Selain itu, *discount rate* lebih banyak digunakan dalam konteks yang umum dari pada *interest rate*. Selain itu *interest rate* mengacu pada tingkat bunga yang diperoleh dari investasi atau yang harus dibayar akibat pinjaman yang dilakukan, sedangkan aplikasi *discount rate* tidak semata pada aspek finansial (Wright, 1990).

Penentuan *discount rate* memang telah menjadi salah satu bahan perdebatan dalam analisis lingkungan. Lind (1995) bahkan menyatakan bahwa pemilihan *discount rate* sangat vital bagi perencanaan anggaran, pembangunan regional dan lingkungan. *Discount rate* menunjukkan seberapa besar kita menilai konsumsi saat ini dengan konsumsi di masa mendatang. Semakin tinggi *discount rate* menunjukkan kita menilai lebih konsumsi saat ini dari pada konsumsi mendatang, dan sebaliknya.

Salah satu isu yang mengemuka adalah terkait nilai *discount rate* yang digunakan, apakah nominal atau riil. Sebagai gambaran, dimisalkan Anda mendepositokan uang Rp 100 juta di bank dengan bunga 8 persen per tahun. Dalam 10 tahun uang Anda akan tumbuh menjadi Rp 216 juta. Namun ini hanyalah nilai nominal. Jika dimisalkan dalam 10 tahun harga-harga barang naik 3 persen per tahun, maka nilai riil bunga bank sebenarnya hanya 5 persen dan nilai riil uang deposito Anda di bank dalam 10 tahun mendatang hanya bernilai Rp 161 juta. Oleh karena itu, penting menentukan *discount rate* ini, apakah dalam riil atau nominal. Pembahasan lebih rinci dan juga penentuan konversi riil ke nominal dan sebaliknya bisa dilihat dalam Fauzi (2014).

Selain berkaitan dengan isu riil versus nominal, penentuan *discount rate* yang tepat juga berkaitan dengan dasar penentuan preferensi, apakah menggunakan preferensi masyarakat secara umum atau produktivitas investasi. Jika didasarkan pada preferensi masyarakat secara umum, yaitu apakah masyarakat cenderung memilih sekarang atau nanti, maka menunjukkan *discount rate* yang positif. Jika didasarkan pada produktivitas investasi (produktivitas modal), maka ketika seseorang melakukan investasi, maka ia berharap bahwa dalam waktu mendatang perolehan dari investasi (*return*) akan menutup biaya yang dikeluarkan hari ini. Perolehan ini (*return*) akan ditentukan oleh nilai suku bunga di mana investor tersebut membayar jika mereka meminjam uang dari bank, misalnya. Dalam beberapa literatur, menggunakan rate pinjaman investasi ini menjadi kesepakatan dalam menentukan *discount factor*.

Dari beberapa uraian di atas, nampak memang tidak mudah menentukan tingkat *discount rate* yang tepat sehingga di beberapa negara, peneliti diberi keleluasan untuk melakukan penyesuaian (justifikasi) tingkat *discount rate* yang tepat. Sebagian negara maju sudah menetapkan melalui aturan resmi sehingga memudahkan untuk melakukan penghitungan penilaian ekonomi. Mengingat kompleksitas tersebut, penentuan *discount rate* pada prakteknya dapat dilakukan dengan mengacu pada beberapa penelitian sejenis atau penelitian yang telah menggunakan *discount rate* dengan penyesuaian yang kompleks, yang kemudian dapat dijadikan bahan sebagai analisis sensitivitas dalam praktek *discounting*.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang membahas pro dan kontra penggunaan *discounting* dalam analisis lingkungan dan bandingkan alasan-alasan yang mendasarinya!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Pelajari lebih rinci topik yang berkaitan dengan hal di atas dari literatur yang ada di modul ini seperti jurnal dan buku. Jurnal yang ditulis oleh Guth (2009) merupakan salah satu tulisan yang cukup komprehensif dalam membahas pro dan kontra terkait dengan *discounting* untuk lingkungan.



## Rangkuman

*Discounting* merupakan salah satu instrumen penting dalam analisis risiko lingkungan. Risiko lingkungan bisa melibatkan dimensi waktu yang relatif lama sehingga *discounting* menjembatani penilaian antarwaktu tersebut. Selain diperlukan agar perbandingan moneter (nilai rupiah) menjadi setara antarwaktu, *discounting* juga berkaitan dengan keadilan antargenerasi dan mewakili preferensi masyarakat yang cenderung positif (memilih konsumsi saat ini dibanding dengan yang akan datang).

Salah satu isu sentral dalam penentuan *discounting* adalah berkaitan dengan besaran *discount rate*. Oleh karena itu, penting untuk memahami peran *discount rate* tersebut terutama yang berkaitan dengan nilai *rate* nominal dan riil. Perbedaan keduanya akan menghasilkan penilaian kerusakan lingkungan yang berbeda.



## Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

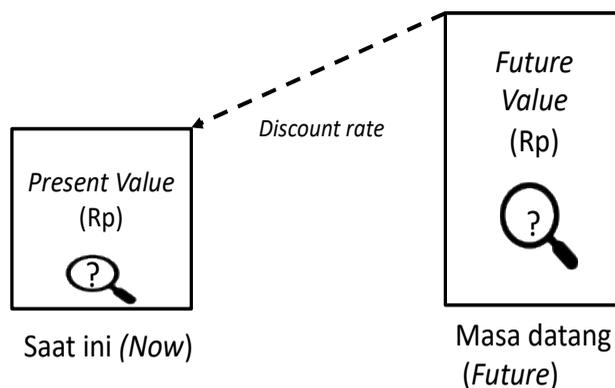
- 1) Jelaskan keterkaitan antara risiko lingkungan dengan *discounting*!
- 2) Jelaskan mengapa *discounting* diperlukan dalam analisis risiko lingkungan!
- 3) Jelaskan perbedaan antara *discounting* dan *compounding*!
- 4) Jelaskan perbedaan antara *discount factor* dan *discounting*!
- 5) Jelaskan perbedaan antara *discount rate* dan *interest rate*!

# Teknik Penghitungan *Discounting*

Pada KB-1 telah dijelaskan rasionalitas atau justifikasi diperlukannya *discounting* dalam konteks risiko lingkungan. Pada KB-1 telah pula dijelaskan peran *discount factor* dan *discount rate* dalam penentuan *discounting*. Pada bagian KB-2 ini akan dijelaskan secara sederhana bagaimana penentuan *discounting* dilakukan.

## A. METODE *DISCOUNTING* DENGAN *NET PRESENT VALUE* (NPV)

Salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam menentukan *discounting* adalah menggunakan *Net Present Value* (NPV). Metode NPV menghitung nilai manfaat dan biaya di masa mendatang relatif terhadap saat ini. Gambar 5.6 memberikan ilustrasi sederhana *net present value* yaitu menanyakan “berapakah” nilai Rp X di masa mendatang (*future value*) jika dihitung dengan nilai saat ini (*present value*). Dengan adanya *discount factor* nilai rupiah di masa mendatang tidak sebesar nilai nominalnya jika dihitung sekarang, sebagaimana diilustrasikan dari perbedaan besaran blok pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6  
Prinsip *Net Present Value*

Secara sederhana transformasi nilai mendatang dihitung di masa sekarang melalui pembobotan *discount rate*, dapat ditulis melalui formula berikut:

$$\text{Present Value} = \frac{\text{Future Value}}{(1 + \text{discount rate})^{\text{waktu}}}$$

Sebagai contoh, jika biaya untuk memulihkan kerusakan lingkungan dalam 30 tahun ke depan dihitung sebesar Rp 100 milyar (Rp 100 000 000 000,-), maka dengan *discount rate* sebesar 6%, biaya tersebut saat ini adalah sebesar Rp 17 milyar lebih yang dihitung melalui formula:

$$\frac{\text{Rp } 100\,000\,000\,000}{(1 + 0,06)^{30}} = \text{Rp } 17.411.013.091$$

Perlu dicatat bahwa *discounting* berbeda dengan inflasi. Perubahan nilai dari Rp 17 milyar lebih menjadi Rp 100 milyar dalam contoh di atas bukan karena perhitungan inflasi. Inflasi menggambarkan kenaikan harga secara umum. Inflasi menurunkan daya beli riil dari sejumlah uang tertentu di masa mendatang. *Discount rate* menurunkan nilai dari daya beli tertentu di masa mendatang. *Discount rate* tetap berlaku terlepas apakah ada inflasi atau tidak.

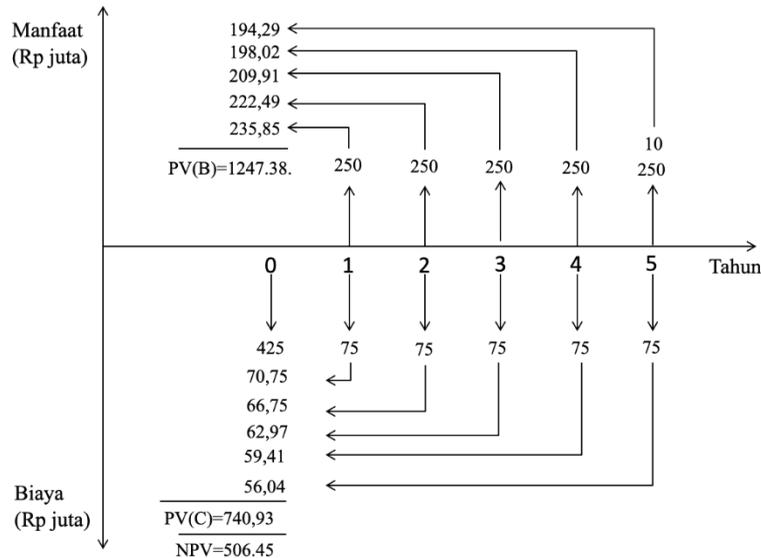
Secara lebih umum, penghitungan *present value* bisa dilakukan dengan menghitung *net present value* atau NPV yakni selisih antara manfaat dikurangi dengan biaya pada setiap periode waktu, dikalikan dengan pembobotan yakni *discount factor*. Secara umum formula NPV ditulis dalam bentuk:

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+r)^t} (B_t - C_t)$$

di mana  $B_t$  adalah manfaat pada periode  $t$ ;  $C_t$  adalah biaya pada periode  $t$ ;  $r$  adalah *discount rate*; dan  $(1+r)^t$  disebut sebagai *discount factor*. Nilai NPV dapat dihitung baik dalam bentuk nominal maupun riil sebagaimana telah dijelaskan pada KB-1. Selain dari metode NPV, ada beberapa metode lain dalam penghitungan *discounting* seperti metode *annualized value* yang relatif lebih kompleks. Dalam analisis risiko lingkungan, metode NPV merupakan metode yang paling umum digunakan dan relatif lebih sederhana dalam penghitungannya.

Untuk memberikan ilustrasi penghitungan NPV, Gambar 5.7 menyajikan contoh sederhana perhitungan suatu proyek yang diadopsi dari Fauzi (2014). Dimisalkan sebuah proyek akan selesai dalam lima tahun dengan memberikan manfaat Rp 250 juta per tahun. Proyek tersebut memerlukan investasi awal sebesar Rp 425 juta dan pada tahun-tahun berikutnya dibutuhkan biaya sebesar Rp 75 juta per tahun. Pada akhir umur proyek diperoleh nilai sisa (sering disebut juga *terminal value* atau *liquidation value*) sebesar Rp 10 juta. Dengan asumsi tingkat suku bunga sebesar 6 persen per tahun, maka

nilai manfaat dan biaya dari proyek tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.7. Arah panah menunjukkan arah *discounting* (dinilai ke tahun awal yakni tahun “0”). Dengan memperhitungkan *discounting*, maka nilai proyek tersebut selama kurun waktu 5 tahun adalah sebesar Rp 506,45 juta pada nilai saat ini.



Sumber: Fauzi (2014) dan Boardman et al. (2006)

Gambar 5.7  
Contoh Penghitungan *Net Present Value*

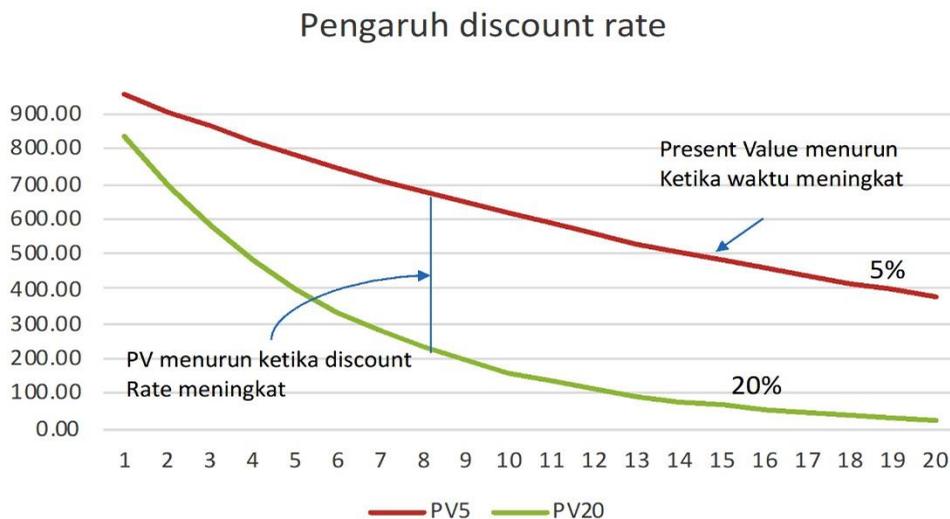
Tabel 5.2 menyajikan rincian penghitungan contoh kasus pada Gambar 5.7. Kolom C menyajikan nilai *discount factor* di mana dengan nilai *discount rate* sebesar 6%, maka nilai *discount factor* pada  $t=2$  menjadi sebesar  $1/(1,06)^2 = 0,889$ . Penghitungan *discount factor* yang sama dilakukan untuk periode lainnya. Nilai *present value* manfaat untuk setiap periode waktu dihasilkan dari perkalian kolom B dan kolom C. Demikian juga untuk nilai *present value* dan biaya, yakni dengan mengalikan kolom C dengan kolom E. *Net present value* dari kasus di atas kemudian dihitung dengan mengurangi jumlah total kolom D dengan jumlah total kolom F yakni sebesar Rp 506.45 juta. Jika tidak dilakukan *discounting*, maka selisih total manfaat dan total biaya menjadi sebesar Rp 710. Nilai ini adalah nilai nominal dengan asumsi bahwa nilai pada saat ini dan nilai pada lima tahun yang akan datang adalah sama, yang pada kenyataannya tentu saja tidak realistis.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, *discount rate* (yakni nilai  $r$  dalam *discount factor*) akan menentukan besaran *present value* tersebut. Jika *discount factor* tinggi, misalnya 10%, maka *present value* akan menjadi lebih kecil yakni Rp 399,83 juta. Sementara itu, jika nilai *discount factor* sangat rendah misalnya 3%, maka nilai NPV akan relatif lebih besar yakni sebesar Rp 600,73 juta.

Tabel 5.2  
Contoh Penghitungan Nilai *Net Present Value*

Tahun	Manfaat	DF	PV Manfaat	Biaya	PV Biaya
A	B	C	D=B x C	E	F=C x E
0	0	1	0	425	425
1	250	0.943396	235.84906	75	70.75472
2	250	0.889996	222.49911	75	66.74973
3	250	0.839619	209.90482	75	62.97145
4	250	0.792094	198.02342	75	59.40702
5	250	0.747258	186.81454	75	56.04436
5	260	0.747258	194.28712		
Sum			1247.3781		740.9273
		NPV	506.45079		

Gambar 5.8 memberikan ilustrasi pengaruh perubahan *discount rate* terhadap *present value* dalam kasus yang lebih umum. Pada Gambar 5.8 diberikan contoh *present value* uang Rp 1000 (dalam ribu rupiah) dihitung selama 20 tahun dengan *discount rate* yang berbeda yakni 5% dan 20%. Tampak bahwa semakin besar *discount rate*, semakin kecil *present value* di masa mendatang yang ditunjukkan dengan jarak vertikal. Sementara kemiringan kurva *present value* yang menurun menunjukkan bahwa *present value* menurun ketika periode waktu bertambah.



Gambar 5.8  
Ilustrasi Perbedaan *Discount Rate* terhadap *Present Value*

## B. ILUSTRASI *DISCOUNTING* PADA KASUS KERUSAKAN LINGKUNGAN.

Untuk memberikan gambaran bagaimana *discounting* diterapkan dalam analisis risiko lingkungan khususnya kerusakan lingkungan, berikut ini disajikan kasus hipotetik yang terjadi di kawasan pesisir. Kawasan ini dipilih dalam ilustrasi ini karena selain memiliki ekosistem yang beragam dan kompleks, juga berkaitan dengan wilayah terestrial (daratan). Dimisalkan bahwa kegiatan di wilayah daratan menimbulkan pencemaran yang dialirkan lewat sungai ke wilayah pesisir. Pencemaran ini bisa berupa sisa detergen, limbah pestisida, limbah pupuk, limbah rumah tangga dan sebagainya. Keseluruhan bahan pencemar ini akan mengancam kegiatan usaha perikanan dan juga ekosistem di sekitar pesisir seperti mangrove dan terumbu karang.

Tabel 5.3 menyajikan ilustrasi kejadian pencemaran lingkungan tersebut dengan hanya melihat tiga komponen utama yakni kerusakan pada ekosistem pantai, kerusakan pada mangrove dan kerusakan pada perikanan. Diasumsikan bahwa kerusakan pantai hanya berlangsung dalam satu tahun sementara kerusakan pada ekosistem mangrove berlangsung sepanjang waktu sejak 2018 sampai 2030. Dampak terhadap perikanan juga diasumsikan berlangsung selama lima tahun dari 2018-2022. Diasumsikan bahwa kalender kejadian dihitung sejak Januari hingga Desember.

Tabel 5.3  
Ilustrasi Kerusakan Lingkungan Tanpa *Discounting*

Tindakan	Tahun	Kerugian Pantai (Rp 1000)	Kerugian mangrove (Rp 1000)	Perikanan Perikanan (Rp 1000)
Mulai kejadian	2018	100000	15000000	500000
	2019		15000000	500000
Perbaikan	2020		15000000	500000
	2021		15000000	500000
	2022		15000000	500000
	2023		15000000	
	2024		15000000	
	2025		15000000	
	2026		15000000	
	2027		15000000	
	2028		15000000	
	2029		15000000	
	2030		15000000	
	Jumlah	100000	195000000	2500000

Data pada Tabel 5.3 adalah angka atau nilai kerusakan lingkungan tanpa *discounting*, dan diasumsikan kerusakan pantai sebesar Rp 100 juta, kerugian mangrove sebesar Rp 1,5 miliar dan kerugian perikanan sebesar Rp 500 juta. Tanpa adanya *discounting*, total kerugian pada ekosistem tersebut mencapai Rp 197,6 miliar. Nilai ini merupakan nilai nominal tanpa mempertimbangkan aspek antarwaktu dan menganggap bahwa nilai rupiah pada tahun 2018 sama dengan nilai rupiah sampai tahun 2030 yang akan datang.

Untuk menghitung nilai kerusakan lingkungan dengan *discounting* pada kasus di atas, kita harus memasukkan *discount factor* dengan tingkat *discount rate* tertentu. Penghitungan nilai *discount rate* untuk kasus di atas akan mengikuti tata cara dalam Fauzi (2014) dan Kopp (1994). Dimisalkan bahwa suku bunga deposito (sebagai acuan) untuk 3 tahun sebesar 5,7%, untuk 5 tahun sebesar 5,9%, dan untuk 10 tahun sebesar 7%, maka penghitungan pada Tabel 5.3 kemudian harus dimodifikasi dengan menambahkan aspek *discount rate*. Dengan mengalikan nilai kerugian awal dengan *discount rate* untuk setiap tahun, maka akan dihasilkan *discount factor* yang berbeda. Hasil penghitungan *present value* dan nilai awal kerusakan disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4.  
Ilustrasi Penghitungan *Present Value* Kerusakan Lingkungan dengan *Discounting*

	Tahun	<i>Discount rate</i>	<i>Discount Factor</i>	Pantai	PV pantai	Mangrove	PV Mangrove	Perikanan	PV Perikanan
A	B	C	D	E	F=D x E	G	H=G x D	I	J= I x D
Mulai kejadian	2018	0.057	1.117	10000	11172.49	1500000	1675873.50	500000	558624.5
	2019	0.057	1.057			1500000	1585500.00	500000	528500.0
Perbaikan	2020	0.057	1.000			1500000	1500000.00	500000	500000.0
	2021	0.057	0.946			1500000	1419110.69	500000	473036.9
	2022	0.059	0.892			1500000	1337517.09	500000	445839.0
	2023	0.059	0.842			1500000	1263000.08		
	2024	0.059	0.795			1500000	1192634.64		
	2025	0.059	0.751			1500000	1126189.46		
	2026	0.059	0.709			1500000	1063446.14		
	2027	0.070	0.623			1500000	934124.61		
	2028	0.070	0.582			1500000	873013.66		
	2029	0.070	0.544			1500000	815900.61		
	2030	0.070	0.508			1500000	762523.94		
	Jumlah				11172.49	19500000	15548834.42	2500000	2506000.4

Sebagaimana terlihat pada Tabel 5.4, nilai *present value* pada tahun 2020 adalah nilai tahun dasar di mana penghitungan dimulai (awal mulai perbaikan lingkungan), sehingga nilai pada tahun tersebut harus sama antara sebelum dan sesudah dilakukan *discounting*. Dengan menggunakan tahun 2020 sebagai tahun dasar tersebut, maka *discount factor* dihitung sebagai  $1/(1+r)^{(t-t_0)}$  di mana  $r$  adalah *discount rate* dan  $t_0$  adalah 2020. Jadi *discount factor* pada tahun 2018 menjadi sebesar:

$$\frac{1}{(1 + 0,057)^{(2018-2020)}} = 1,117$$

dan nilai *discount factor* pada tahun 2027 menjadi:

$$\frac{1}{(1 + 0,07)^{(2027-2020)}} = 0,023$$

Tampak pada Tabel 5.4 bahwa *discount rate* sebelum tahun dasar (tahun 2020) akan lebih besar dari tahun dasar karena menghasilkan pangkat negatif. Oleh karena pangkat negatif ada dalam pembagi, maka hasilnya akan menghasilkan pangkat yang besar. Jika dilihat dari perspektif *compounding*, maka tahun 2018 sampai tahun 2020 sama saja dengan menghitung *compounding*, sedangkan dari tahun 2020 sampai tahun 2030 melakukan *discounting*.

Setelah menentukan nilai *discount factor* untuk setiap periode waktu, maka langkah selanjutnya adalah mengalikan nilai awal kerusakan (tanpa *discounting*) dengan *discount factor* sebagaimana tertera pada kolom F, H dan J. Setelah dilakukan penghitungan dengan *discounting*, total nilai kerugian menjadi sebesar Rp 18,067 miliar. Dari hasil di atas dapat dilihat bahwa penghitungan kerugian ekonomi tanpa *discounting* cenderung menghasilkan nilai yang “*overvalue*” yang tidak sesuai dengan prinsip preferensi waktu yang positif. Hasil akhir penghitungan ini tentu saja sangat sensitif terhadap besaran *discount rate*. Namun secara umum dapat dikatakan bahwa penghitungan dengan menggunakan *discounting* akan lebih kecil daripada tanpa *discounting* yang menunjukkan konsistensi bahwa nilai rupiah yang akan datang cenderung dinilai lebih kecil jika dilihat dari perspektif saat ini yang menunjukkan adanya preferensi waktu yang positif.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan penggunaan *discounting* dalam analisis kerusakan lingkungan dan lakukan rekonstruksi data yang ada pada literatur tersebut.

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Beberapa website misalnya NOAA dan *coastal services* Amerika Serikat dan beberapa negara banyak mempublikasikan kasus-kasus penilaian kerusakan lingkungan dengan menggunakan *discounting*. Kunjungi website tersebut dan pelajari bagaimana penghitungan dilakukan.



## Rangkuman

Metode *net present value* (NPV) merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam analisis risiko lingkungan yang menggunakan *discounting*. Metode ini memang relatif sensitif terhadap penggunaan besaran *discount rate*. Namun demikian, metode NPV mampu membuktikan kaidah-kaidah umum rasionalitas ekonomi terkait dengan preferensi dan perbandingan nilai ekonomi kerusakan antara waktu yang berbeda. Tanpa menggunakan NPV, penilaian kerusakan atau risiko lingkungan cenderung *overvalue*. Dengan menggunakan NPV, penilaian ini akan lebih rendah sehingga lebih menggambarkan preferensi waktu yang positif.



## Tes Formatif 2

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *net present value* (NPV)?
- 2) Dimisalkan bahwa sebuah proyek akan selesai dalam lima tahun dengan memberikan manfaat Rp 125 juta per tahun. Proyek tersebut memerlukan investasi awal sebesar Rp 300 juta dan pada tahun-tahun berikutnya dibutuhkan biaya sebesar Rp 45 juta per tahun. Pada akhir umur proyek diperoleh nilai sisa Rp 5 juta. Dengan asumsi suku bunga sebesar 5% per tahun, dengan menggunakan tabulasi, hitunglah nilai NPV dari proyek tersebut!
- 3) Jika suku bunga diasumsikan naik 7%, hitung NPV dari kasus No.2!
- 4) Dimisalkan bahwa telah terjadi kerusakan lingkungan yang menimbulkan risiko hilangnya fungsi-fungsi ekosistem seperti lahan, keanekaragaman hayati (disingkat kehati) dan ekosistem perairan terdekat. Perbaikan lingkungan baru dilanjutkan setelah lima tahun kejadian. Nilai kerusakan awal (dalam Rp 000) tertera pada tabel berikut. Lengkapi pengisian tabel berikut sesuai dengan informasi yang ada di dalamnya dan hitung berapa nilai NPV total dari kasus tersebut!

	Tahun	Discount rate	Discount Factor	lahan	PV lahan	kehati	PV kehati	perairan	PV Perairan
A	B	C	D	E	F=D x E	G	H=G x D	I	J= I x D
Mulai kejadian	2016	0.045		15000		1200000		750000	
	2017	0.045		15000		1200000		750000	
	2018	0.045				1200000		750000	
	2019	0.045				1200000		750000	
	2020	0.052				1200000		750000	
Perbaikan	2021	0.052				1200000		750000	
	2022	0.052				1200000			
	2023	0.052				1200000			
	2024	0.052				1200000			
	2025	0.060				1200000			
	2026	0.060				1200000			
	2027	0.060				1200000			
	2028	0.060				1200000			
	Jumlah						15600000		

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### Tes Formatif 1

1. Risiko lingkungan berjalan dalam waktu yang relatif lama sehingga diperlukan perbandingan penilaian antarwaktu, dan risiko lingkungan akan mengakibatkan terjadinya perubahan preferensi masyarakat.
2. Tiga alasan utama perlunya *discounting* untuk analisis risiko lingkungan adalah:
  - a. Preferensi waktu murni (*pure time preference*) di mana masyarakat cenderung memilih konsumsi saat ini dibanding dengan waktu yang akan datang.
  - b. Adanya produktifitas modal.
  - c. Adanya ketidakpastian.
3. *Discounting* menghitung nilai yang akan datang berdasarkan nilai pada saat sekarang, sedangkan *compounding* menghitung nilai sekarang berdasarkan nilai di masa mendatang
4. *Discounting* adalah prosedur ekonomi yang mentransformasikan aliran moneteri (uang) yang terjadi antarwaktu maupun pada waktu tertentu pada suatu nilai yang setara saat ini. *Discount factor* adalah parameter pembobot yang akan menentukan besaran *discounting* itu sendiri.
5. *Interest rate* ditentukan secara eksogen sementara *discount rate* ditentukan oleh peneliti pada saat menghitung penilaian kerusakan. Dibandingkan dengan *interest rate*, *discount rate* digunakan dalam konteks yang lebih luas di luar aspek finansial.

### Tes Formatif 2

1. Metode NPV menghitung nilai manfaat dan biaya di masa mendatang relatif terhadap saat ini. Penghitungan dilakukan dengan mengalikan manfaat dan biaya tersebut dengan pembobotan yang tergantung pada waktu yakni *discount factor*.
2. Tabulasi dan nilai NPV sebesar Rp 148,2 juta

Tahun	Manfaat	DF	PV Manfaat	Biaya	PV Biaya
A	B	C	D=B x C	E	F=C x E
0	0	1	0	300	300
1	125	0.952381	119.0476	45	42.85714
2	125	0.907029	113.3787	45	40.81633
3	125	0.863838	107.9797	45	38.87269
4	125	0.822702	102.8378	45	37.02161
5	125	0.783526	97.94077	45	35.25868
5	130	0.783526	101.8584		
Sum			643.043		494.8265
		NPV	148.2165		

3. Jika suku bunga naik menjadi 7%, maka nilai NPV menjadi sebesar Rp 120,7 juta.
4. Nilai NPV untuk kasus kerusakan lingkungan:

	Tahun	Discount rate	Discount Factor	lahan	PV pantai	kehati	PV Mangrove	perairan	PV Perikanan
A	B	C	D	E	F=D x E	G	H=G x D	I	J= I x D
Mulai kejadian	2016	0.045	1.193	15000	17887.779	1200000	1431022.32	750000	894389.0
	2017	0.045	1.141	15000	17117.492	1200000	1369399.35	750000	855874.6
	2018	0.045	1.092			1200000	1310430.00	750000	819018.8
	2019	0.045	1.045			1200000	1254000.00	750000	783750.0
Perbaikan	2020	0.052	1.000			1200000	1200000.00	750000	750000.0
	2021	0.052	0.951			1200000	1140684.41	750000	
	2022	0.052	0.904			1200000	1084300.77		
	2023	0.052	0.859			1200000	1030704.15		
	2024	0.052	0.816			1200000	979756.80		
	2025	0.060	0.747			1200000	896709.81		
	2026	0.060	0.705			1200000	845952.65		
	2027	0.060	0.665			1200000	798068.54		
	2028	0.060	0.627			1200000	752894.85		
	Jumlah				17887.779	15600000	14093923.65	3750000	4103032.3

## Daftar Pustaka

- Fauzi, A. (2014). *Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan sumber daya alam dan lingkungan*. Bogor: IPB Press.
- Guth, J. H. (2009). Resolving the paradoxes of discounting in environmental decision. *Transnational Law and Contemporary Problems*, Vol 18, 95-114.
- Hardisty, D. J., & Weber, E. U. (2009). Discounting future green: Money versus environment. *Journal of Environmental Psychology*, 138(1), 329-340.
- Hellweg, S., Hofstetter, T. B., & Hungerbuhler, K. (2003). Discounting and environment. should current impacts be weighted differently than impacts harming future generations? *International Journal LCA*, 8(1), 8-18.
- Kopp, R. J. (1994). *Discounting for damage assessment*, Discussion Paper 94-31, Resources for the Future, Washington, D.C.
- Prest, B. (2020). *Discounting 101. Resource for the future*. Washington, DC
- Price, C. (2009). Perspective on discounting the future. In Yew-Kuang Ng and Ian Willis (Eds.), *Welfare Economic and Sustainable Development, Vol 1*. EOLSS Publication.
- Wright, J. (1990). *Social discounting and environment*. Studies in Resource Management No. 8. Center for Resource Management. New Zealand: Lincoln University and University of Canterbury.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 06

*Habitat Equivalency  
Analysis*

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 06</b>	<b>6.1</b>
<i>Habitat Equivalency Analysis</i>	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	6.4
Konsep Dasar	
<i>Habitat Equivalency Analysis</i>	
<b>Latihan</b>	6.16
<b>Rangkuman</b>	6.16
<b>Tes Formatif 1</b>	6.16
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	6.18
Tahapan dan Aplikasi	
Penghitungan HEA	
<b>Latihan</b>	6.25
<b>Rangkuman</b>	6.26
<b>Tes Formatif 2</b>	6.26
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	6.28
<b>Daftar Pustaka</b>	6.31



## Pendahuluan

Pada modul-modul sebelumnya telah kita bahas berbagai pendekatan untuk analisis risiko dan keberlanjutan. Sebagian pendekatan tersebut umumnya berkaitan dengan analisis risiko dalam suatu sistem baik dalam tingkat rumah tangga, masyarakat, negara maupun suatu ekosistem. Pada modul ini akan dibahas pendekatan analisis risiko dan lingkungan melalui pendekatan *Habitat Equivalency Analysis* (HEA) yang lebih difokuskan pada kasus habitat tertentu atau sumber daya tertentu. Pendekatan ini ada relevansinya dengan analisis risiko yang telah dijelaskan pada modul-modul sebelumnya. Analisis risiko lingkungan, seperti pengukuran terhadap kerentanan, berkaitan langsung dengan *hazard* dan kerusakan (*damage*) yang ditimbulkan. Penilaian kerusakan inilah yang menjadi ranah dalam HEA. Dalam modul ini akan dijelaskan HEA berkaitan dengan penilaian kerusakan yang ditimbulkan oleh adanya risiko lingkungan.

Modul ini akan dimulai dengan pengertian HEA dan kemudian dilanjutkan dengan ilustrasi penggunaan HEA dalam konteks analisis risiko. Pada modul ini juga akan disampaikan kasus ilustratif untuk memberikan gambaran empiris pengukuran kerusakan melalui metode HEA.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan prinsip-prinsip dalam analisis ekovalensi dan kompensasi;
2. menjelaskan tahapan dalam penelitian *Habitat Equivalency Analysis* (HEA);
3. mengaplikasikan HEA dalam perhitungan kerugian, manfaat, dan skala restorasi.

## Konsep Dasar *Habitat Equivalency Analisis*

### A. PRINSIP ANALISIS EKIVALENSI DAN KOMPENSASI

Sumber daya alam dan lingkungan merupakan modal alam yang menyediakan barang dan jasa untuk menunjang kehidupan manusia dan keseimbangan ekosistem lainnya. Barang dan jasa yang dapat dimanfaatkan langsung seperti kayu, ikan, air, buah-buahan dan sebagainya merupakan fungsi provisi atau fungsi penyediaan dari modal alam tersebut. Selain menyediakan kebutuhan yang bisa dikonsumsi langsung dan tidak langsung, sumber daya alam dan lingkungan juga menyediakan jasa lingkungan yang secara tidak langsung memberikan kontribusi kepada kebutuhan manusia dan alam sekitar. Fungsi ekosistem sebagai pengendalian hama, pencegah banjir, penyaring air bersih, bahkan menyediakan keindahan alam (*amenities*) untuk rekreasi merupakan fungsi ekosistem lain dari modal alam dan lingkungan.

Ketika suatu ekosistem mengalami kerusakan baik berupa pencemaran maupun kerusakan fisik yang diakibatkan oleh tindakan manusia seperti pembukaan lahan baru misalnya, maka akan terjadi perubahan pada layanan barang dan jasa yang dihasilkan oleh ekosistem tersebut. Misalnya saja, lahan yang rusak bisa mengakibatkan berkurangnya mata air yang menyuplai air bersih. Mangrove yang rusak bisa menyebabkan hilangnya fungsi mangrove sebagai tempat berpijah ikan sehingga menurunkan produktivitas perikanan. Demikian juga pantai yang tercemar karena tumpahan minyak bisa mengurangi pemandangan dan kenyamanan pantai sebagai kawasan rekreasi (jasa ekosistem). Ketika kerusakan ini terjadi, maka tindakan yang bisa dilakukan antara lain melakukan restorasi atau remediasi ekosistem tersebut untuk mengompensasi publik atas hilangnya layanan dari ekosistem yang seharusnya mereka nikmati.

Prinsip ekivalensi pada dasarnya menentukan kompensasi yang dibutuhkan dari kerusakan ekosistem tersebut. Dengan kata lain, analisis ekivalensi adalah metode atau cara untuk menentukan jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang hilang selama periode waktu tertentu sebagai akibat dari kerusakan lingkungan, serta jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang dibutuhkan untuk mengkompensasi kehilangan tersebut (Lipton *et al.*, 2018).

Ada beberapa cara atau metode kompensasi kerusakan lingkungan yang dapat digunakan. Lipton *et al.* (2018) menyebutkan bahwa kerusakan lingkungan dapat

dikompensasi melalui tiga cara yakni remediasi primer (*primary remediation*), remediasi komplementer (*complementary remediation*), dan remediasi kompensatori (*compensatory remediation*). Remediasi primer merupakan tindakan remediasi yang dilakukan langsung di tempat kerusakan. Remediasi primer ini umumnya melibatkan tindakan langsung seperti pembersihan cemaran (*clean up*), pengambilan sumber-sumber kerusakan (*removal*) dan tindakan sejenis lainnya. Remediasi komplementer, di sisi lain, merupakan tindakan yang dibutuhkan manakala remediasi primer yang telah dilakukan sebelumnya belum berhasil mengembalikan fungsi ekosistem ke kondisi awal. Remediasi komplementer bisa dilakukan di lokasi kerusakan dengan memperbaiki fungsi ekosistem atau membuat sumber daya atau ekosistem sejenis di tempat lain yang menyerupai ekosistem yang rusak.

Remediasi kompensatori merupakan tindakan yang dibutuhkan untuk mengompensasi kerugian ekosistem yang terjadi dari sejak terjadinya kerusakan lingkungan sampai terjadinya pemulihan ke kondisi awal (*baseline*). Kerugian ini disebut sebagai *interim loss* atau kerugian antara yang harus diganti melalui remediasi di tempat lain yang memiliki karakteristik ekosistem yang menyerupai ekosistem yang rusak. Analisis ekivalensi pada dasarnya menggunakan prinsip remediasi kompensatori tersebut. Salah satu metode kompensatori berbasis ekivalensi yang telah dikembangkan cukup lama adalah melalui *habitat equivalency analysis* yang akan dibahas berikut ini.

## **B. PRINSIP HABITAT EQUIVALENCY ANALYSIS**

*Habitat Equivalency Analysis* (HEA) pertama kali dikembangkan oleh lembaga *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA) di Amerika Serikat pada tahun 1990an, tidak lama setelah diundangkannya Undang-undang Pencemaran Minyak tahun 1990. Pada awalnya metode ini dikembangkan untuk menjawab kebutuhan terkait dengan kompensasi dari risiko lingkungan berupa pencemaran akibat tumpahan minyak di perairan. Kompensasi ini tentu tidak bisa sepenuhnya satu banding satu terhadap kerusakan. Oleh karenanya, prinsip “*scaling*” (penskalaan) merupakan tulang punggung dalam restorasi dan kompensasi kerusakan layanan sumber daya alam dan lingkungan (Dunford *et al.*, 2004). HEA melakukan “*scaling*” tersebut atau menghitung skala restorasi yang dibutuhkan dalam satuan unit fisik seperti hektar per tahun, yang kemudian bisa dikonversi ke satuan moneter berupa US\$ per tahun atau satuan moneter lainnya. HEA sepenuhnya mengandalkan penggunaan *discounting* seperti yang telah kita bahas pada modul 5.

Pada awalnya NOAA mengembangkan HEA versi primer tahun 1995 yang sangat sederhana sebagai model awal penggunaan HEA dalam kasus tumpahan minyak. Sejak tahun 1997 HEA ini kemudian dilakukan beberapa kali revisi dengan beberapa panduan untuk penggunaan di beberapa ekosistem (terumbu karang, zat beracun dan berbahaya serta beberapa ekosistem lainnya). Pemerintah Amerika Serikat kemudian

mengadopsi HEA dalam protokol penilaian kerusakan lingkungan dalam berbagai kasus yang menggunakan prinsip restorasi dan kompensasi.

Meski metode HEA awalnya dirancang untuk menghitung ganti rugi kerusakan tumpahan minyak, metode HEA sendiri bersifat generik dan bisa digunakan dalam berbagai kasus lingkungan lainnya. Bahkan sejak digunakan oleh NOAA untuk kasus tumpahan minyak, HEA kemudian digunakan oleh berbagai lembaga lainnya untuk menghitung kerusakan dalam konteks lain seperti pencemaran danau, lahan bekas tambang, kerusakan terumbu karang, mangrove, dan berbagai kasus lainnya. HEA juga kini berkembang untuk penghitungan kerusakan lingkungan di berbagai negara dan sudah dijadikan acuan untuk penyelesaian sengketa ganti rugi di pengadilan seperti di Amerika Serikat dan berbagai negara lainnya. Demikian juga Uni Eropa, sudah mengadopsi HEA dan mengeluarkan *Directive 2004/35/EC* yakni kebijakan untuk pencegahan dan pemulihan kerusakan lingkungan (Desvousges *et al.*, 2018).

Di beberapa negara HEA sudah diintegrasikan ke dalam penilaian risiko lingkungan (*Environmental Risk Assessment* atau ERA) sehingga menghasilkan penilaian risiko yang lebih komprehensif dan mudah diterima publik dengan biaya yang relatif lebih murah daripada pendekatan penilaian kerusakan lainnya (Allan *et al.*, 2005). Dengan kata lain, HEA memberikan peluang yang penting untuk mengintegrasikan informasi dari ekologi dan penilaian risiko di satu sisi dengan analisis kerugian ekonomi lingkungan di sisi lain.

Konsep dasar HEA pada awalnya dikembangkan oleh Mazotta *et al.* (1994) dan Unsworth dan Bishop (1994). HEA didasarkan pada prinsip kompensasi atas kerugian layanan ekologis yang hilang akibat kerusakan lingkungan. Kompensasi ini dalam HEA dihitung setara dengan kerusakan yang ditimbulkan dengan memperhitungkan jangka waktu kerusakan dan periode *assessment* dilakukan. Oleh karena itu, peran *discounting* dalam HEA sangat penting karena harus memperhatikan kesetaraan penghitungan kerugian antarwaktu.

Fauzi (2014) menjelaskan bahwa HEA secara operasional dikembangkan melalui dua prinsip utama. Pertama, kompensasi untuk kerusakan lingkungan atau kehilangan layanan (*services*) sumber daya alam dan lingkungan (SDAL), dapat dilakukan dengan menyediakan sumber daya atau habitat pengganti. Penggantian ini dilakukan melalui kegiatan restorasi atau remediasi. Kedua, analisis kesamaan (*equivalency analysis*) memungkinkan dilakukannya penghitungan jumlah atau “skala” habitat dan sumber daya (*resources*) yang diperlukan untuk menyediakan tingkat layanan yang sama sepanjang waktu, sebanding dengan kondisi awal. Dengan demikian, dua konsep dasar yang menjadi ciri HEA adalah konsep *services* (layanan) dan *scaling* (jumlah penggantian).

Baik dalam HEA maupun dalam penilaian kerusakan lingkungan, konsep layanan (*services*) menjadi isu sentral karena penghitungan HEA didasarkan pada layanan yang dihasilkan dari sumber daya alam dan lingkungan. Hal ini didasarkan pada prinsip bahwa manusia melakukan penilaian sumber daya alam dan lingkungan dari layanan

yang dihasilkan. Sama halnya dengan aset finansial, kita menilai aset tersebut dari aliran manfaat yang bisa kita nikmati sepanjang masa (Desvousges, 2018). Layanan dari sistem ekologi misalnya, bisa berupa sumber pangan, perlindungan dari badai, tempat berpijahnya ikan, dan sebagainya yang dapat dimanfaatkan oleh manusia baik langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan langsung bisa berupa sumber pangan seperti ikan yang kita makan, kayu yang kita gunakan dan berbagai pemanfaatan lainnya. Pemanfaatan tidak langsung dari layanan sumber daya alam bisa untuk rekreasi, berburu, olah raga air dan sebagainya. Dengan kata lain, “layanan” atau *services* dalam HEA merupakan fungsi dari sumber daya alam untuk dimanfaatkan bagi penggunaan sumber daya lainnya atau untuk pemanfaatan oleh manusia.

Terkait dengan *scaling* (skala), konsep ini pada dasarnya mencari koefisien jumlah unit yang harus direstorasi untuk meyakinkan bahwa nilai *present value* (*discounted*) dari manfaat restorasi setara atau sama dengan *discounted present value* kerugian antara (*interim loss*). Dalam ranah penilaian kerusakan lingkungan dikenal dua jenis pendekatan *scaling* yakni pendekatan valuasi dan pendekatan “*service-to-service*” (layanan terhadap layanan). HEA menggunakan pendekatan yang kedua karena koefisien skala yang dihasilkan menunjukkan layanan yang bisa dipulihkan untuk mengganti layanan yang hilang.

Dalam HEA, koefisien skala ini tidak harus satu berbanding satu dari sisi besaran sumber dayanya. Jadi dalam HEA, satu hektar kerugian tidak harus diganti dengan satu hektar restorasi, atau satu ton ikan yang hilang akibat pencemaran tidak harus diganti dengan satu ton ikan dari restorasi. HEA menggunakan ukuran skala layanan ekosistem yang bisa diberikan. Suatu proyek restorasi mungkin memerlukan dua kali lebih banyak dari kerugian produktivitas per hektar akibat pencemaran untuk memulihkan sistem kembali ke kondisi awal.

Secara matematis, prinsip HEA dapat dijelaskan dengan persamaan sederhana berikut ini:

$$\sum_{t=t_0}^{t_1} L_t (1+r)^{(P-t)} = \sum_{s=s_0}^{s_1} R_s (1+r)^{(P-s)} \quad (1)$$

di mana

$L_t$  = besaran kerugian antara (*interim loss*)

$R_t$  = besaran kredit (restorasi yang dipulihkan)

$r$  = tingkat diskonto (*discount rate*)

$t$  = waktu

$P$  = waktu awal kejadian

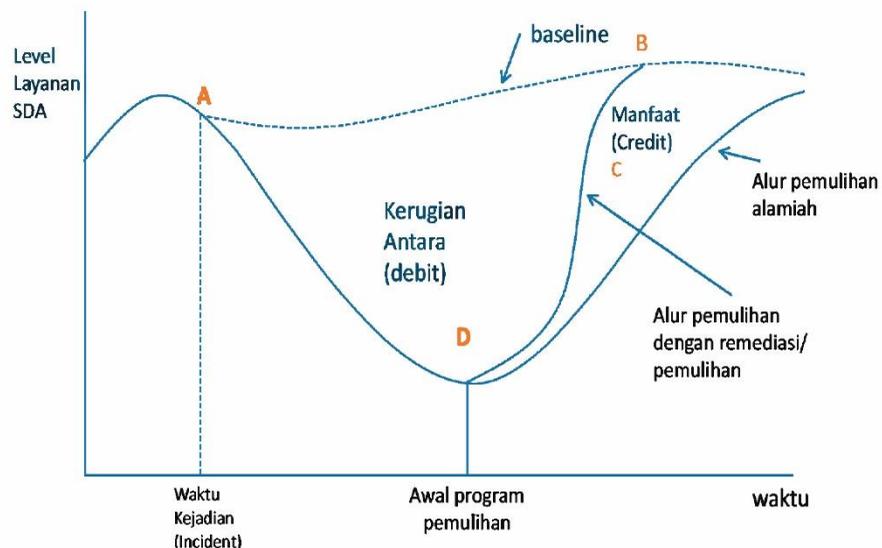
$t_1$  = waktu akhir kerugian antara

$s_1$  = waktu akhir layanan diperoleh

Persamaan (1) di atas menggambarkan bahwa jumlah kerugian sepanjang waktu yang didiskonto (persamaan di sebelah kiri) harus sama dengan jumlah manfaat yang diperoleh melalui restorasi dari awal kejadian kerusakan sampai pulihnya kembali layanan ekologis. Dari persamaan di atas kemudian menghasilkan “*scale*” atau skala restorasi yang merupakan pembagian antara *gain* dan *loss*. Hal ini akan dijelaskan lebih rinci pada KB-2 pada contoh implementasi HEA.

Berdasarkan kedua prinsip tersebut, penghitungan HEA memerlukan lima komponen utama untuk menghitung skala restorasi sebagaimana disampaikan Fauzi (2014).

1. Adanya layanan ekosistem (ekologi) atau dikenal dengan “*services*” yakni fungsi ekologi dan fungsi lingkungan yang rusak yang menjadi dasar bagi penghitungan *equivalency analysis* (misalnya mangrove, lahan basah, jenis satwa tertentu atau jenis tumbuhan tertentu).
2. *Debit*, yakni jumlah kerusakan yang terjadi sepanjang waktu yang menggambarkan “*service loss*” (kehilangan layanan).
3. *Interim loss* (kerugian antara) yang menggambarkan total kerusakan dari mulai awal terjadinya kerusakan hingga selesainya restorasi atau remediasi.
4. *Credit* yakni manfaat yang dihasilkan dari proyek restorasi yang menggambarkan “*service gain*” (manfaat layanan).
5. *Metric* yakni ukuran yang digunakan untuk menghitung *debit* dan *credit* (misalnya tutupan vegetasi, kepadatan populasi, keanekaragaman hayati, dlsb). Dalam HEA metrik ini dinyatakan dalam unit luasan (seperti hektar, m<sup>2</sup> dan sejenisnya).



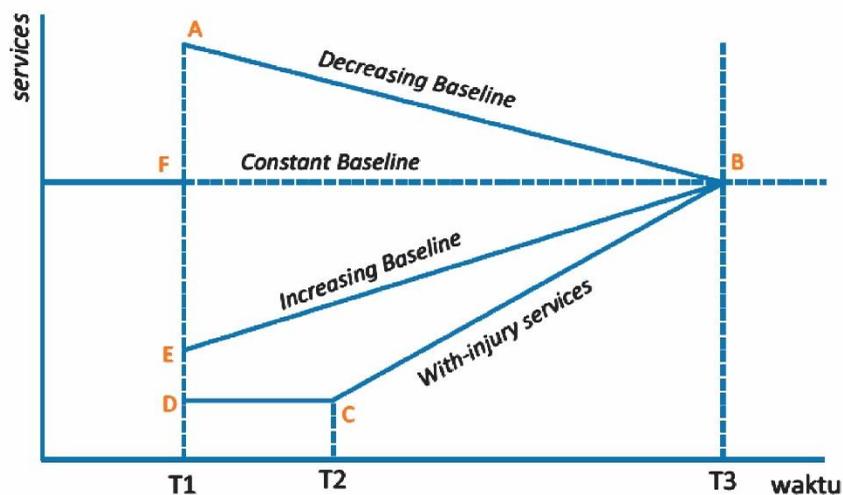
Sumber: Fauzi (2014)

Gambar 6.1  
*Habitat Equivalency Analysis (HEA)*

Gambar 6.1 menunjukkan prinsip kerugian dan manfaat restorasi dalam HEA. Sumbu vertikal menggambarkan layanan yang dihasilkan oleh ekosistem atau lingkungan yang umumnya dihitung dalam persen. Sebagai contoh, penurunan hasil ikan dari semula 1000 kg menjadi 500 kg sehingga terjadi penurunan layanan sebesar 50 persen. Sumbu horizontal menggambarkan dimensi waktu dari kejadian kerusakan lingkungan sampai terjadinya pemulihan. Kurva dengan label *baseline* (dan garis putus-putus) menggambarkan layanan ekosistem jika tidak terjadi kerusakan lingkungan, sementara kurva dengan garis penuh (*solid line*) menggambarkan alur pemulihan baik dengan restorasi maupun tanpa restorasi.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 6.1, ketika terjadi kerusakan lingkungan (*incident*), maka layanan ekosistem akan turun mengikuti kurva dengan kemiringan menurun sampai pada waktu terjadinya pemulihan (dengan restorasi). Setelah terjadinya pemulihan, layanan ekosistem akan mengikuti alur pemulihan sampai ke titik B. Jika tidak dilakukan pemulihan melalui restorasi, maka alur pemulihan akan mengikuti kurva dengan label alur pemulihan alamiah. Daerah dengan label kerugian antara (debit) merupakan kerugian yang harus dihitung dalam penghitungan kompensasi HEA. Penghitungan manfaat dari restorasi merupakan daerah “kredit” dengan label C. Skala restorasi yang diperlukan dalam HEA adalah perbandingan kedua daerah D dan C tersebut.

Besaran debit atau kerugian dari daerah D pada Gambar 6.1 tentu akan sangat tergantung dari pola “*baseline*” terhadap waktu dari layanan ekosistem yang kita amati. Perbedaan pola *baseline* layanan dan dampaknya terhadap debit tersebut bisa digambarkan pada Gambar 6.2.

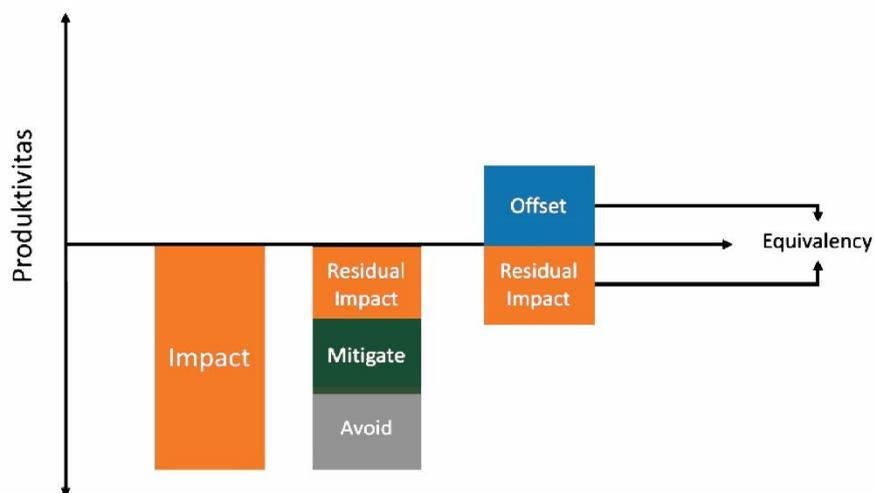


Sumber: Desvousges et al. (2018)

Gambar 6.2  
HEA dengan Perbedaan *Baseline*

Sumbu vertikal pada Gambar 6.2 sama dengan gambar sebelumnya yakni menunjukkan layanan atau *services* dari sumber daya alam dan lingkungan atau sistem ekologi. Pada sumbu horizontal, T1 menunjukkan waktu ketika kerusakan lingkungan terjadi (dikenal dengan *injury* dalam istilah HEA); T2 menunjukkan waktu dilakukannya restorasi; dan T3 adalah waktu ketika ekosistem kembali pulih ke kondisi *baseline*. Jika kita asumsikan *baseline* ekosistem bersifat linier seperti ditunjukkan oleh garis berlabel *constant baseline*, maka total kerugian *interim* adalah daerah dengan batasan FBCD yang merupakan selisih antara *constant baseline* dengan garis “*with-injury services*”. Kemudian jika situasi ekosistem berada pada *decreasing baseline* (garis AB), maka kerugian ekosistem adalah selisih garis AB dengan garis DCB yakni daerah sebesar ABCD. Jika kita bandingkan dengan skenario *constant baseline*, maka kerugian dalam situasi *decreasing baseline* lebih besar dari pada kondisi *constant baseline*. Ekosistem yang memiliki karakteristik seperti ini misalnya terjadi pada lahan yang terdegradasi karena alih fungsi (dari pertanian ke pemukiman misalnya) sehingga menurunkan kemampuan kesuburan lahan atau kemampuan lahan untuk menghasilkan air.

Sekarang jika kita bandingkan situasi ekosistem dengan skenario *increasing baseline*, maka kerugian yang diderita dalam skenario ini adalah daerah EBCD. Luas EBCD jauh lebih kecil dibandingkan dengan luas area dalam kondisi *constant baseline* (FBCD) dan *decreasing baseline* (ABCD). Ekosistem yang memiliki karakteristik *increasing baseline* ini misalnya terdapat pada kondisi lingkungan yang memiliki pemulihan cepat, misalnya saja kualitas air sungai yang membaik karena adanya intervensi program sungai bersih, atau kawasan hutan yang telah dilakukan program reforestasi.



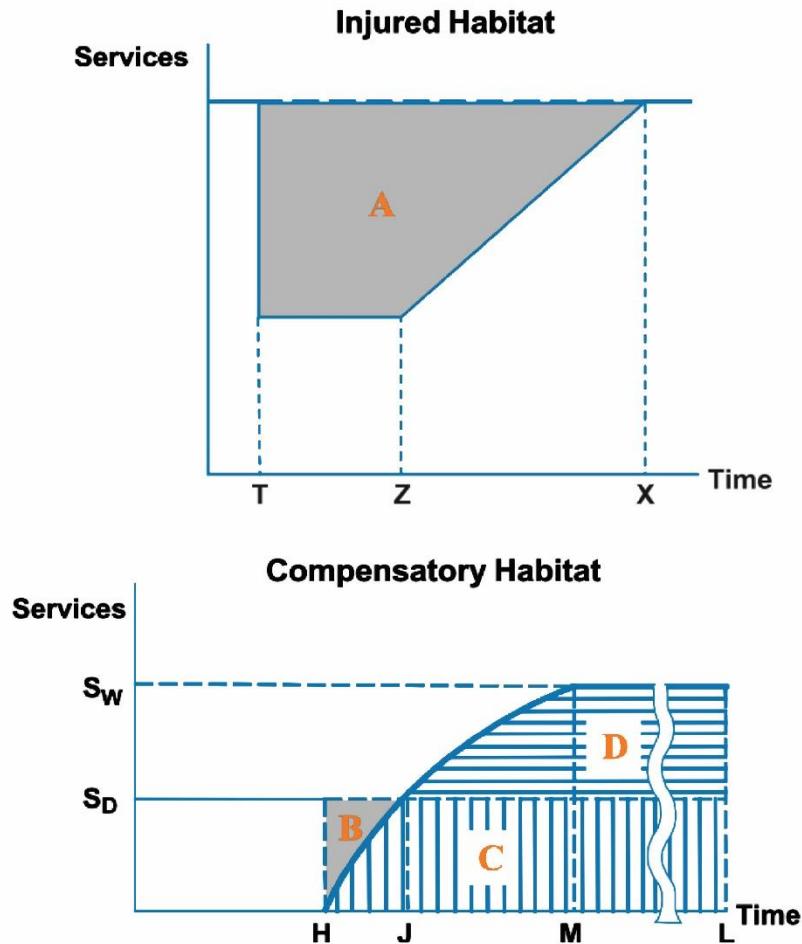
Sumber: Clark dan Bradford (2014)

Gambar 6.3  
HEA Berdasarkan Dampak dan Pergantian (*Offset*)

Cara lain menggambarkan HEA adalah melalui pengukuran besaran dampak dan besaran penggantian seperti terlihat pada Gambar 6.3. Sumbu vertikal menjelaskan produktivitas ekosistem atau lingkungan yang akan menjadi subjek HEA, sedangkan sumbu horizontal menggambarkan dampak yang ditimbulkan. Sebagaimana terlihat pada Gambar 6.3 ketika terjadi kerusakan lingkungan atau ekosistem, maka akan menimbulkan dampak negatif yang ditunjukkan pada blok *impact* (warna merah). Sebagian dari dampak negatif semestinya bisa dihindari jika dilakukan mitigasi atau bisa dihindari dengan kebijakan yang mencegah terjadinya kerusakan lingkungan. Dengan demikian, sisa dampak setelah penghindaran dan mitigasi adalah *residual impact*. Dalam HEA, *residual impact* inilah yang kemudian di*offset* atau dipulihkan melalui restorasi sebagaimana terlihat pada blok warna biru di atas sumbu vertikal yang menunjukkan *gain* (benefit). Besaran *offset* dan *residual impact* inilah yang merupakan komponen ekuivalen atau kesetaraan.

Alternatif yang lebih komprehensif dalam memahami HEA bisa dilakukan melalui Gambar 6.4 berikut yang dikenalkan oleh Dunford *et al.* (2004). Panel di sebelah atas pada Gambar 6.4 penjelasannya hampir sama dengan Gambar 6.1 dimana kerusakan lingkungan (misalnya tumpahan minyak) yang terjadi pada periode T akan menurunkan layanan habitat sampai periode Z. Setelah periode Z ini ekosistem mengalami pemulihan ke posisi semula sampai periode X. Panel atas Gambar 6.4 mengasumsikan pemulihan konstan seperti digambarkan pada Gambar 6.2. Wilayah yang diberi label A pada panel atas Gambar 6.4 merupakan kerugian agregat yang tidak didiskonto (*undiscounted service lost*) akibat kerusakan lingkungan.

Bagaimana kemudian HEA bekerja? Sebagaimana dijelaskan sebelumnya, HEA bekerja dengan prinsip kesetaraan restorasi. Tindakan kompensasi restorasi adalah suatu tindakan yang bisa meningkatkan layanan ekosistem yang telah didiskonto (*discounted services*) yang setara dengan kerugian yang telah didiskonto (*discounted loss*) akibat kerusakan lingkungan. Salah satu cara untuk melakukan tindakan ini adalah dengan mengubah atau melakukan pengayaan (*enhancement*) terhadap habitat yang tidak mengalami kerusakan, yang lokasinya dekat dengan habitat yang rusak. Cara seperti ini dijelaskan pada panel bawah Gambar 6.4. Jika kita misalkan panel atas Gambar 6.4 mewakili habitat lahan basah (untuk keperluan ilustrasi), maka habitat yang tidak mengalami kerusakan digambarkan sebagai lahan kering (*dry land*) yang diberi label Sd pada panel bawah Gambar 6.4. Pada tahun ke-H, habitat lahan kering ini ditransformasikan menjadi lahan basah (untuk mengopensasi lahan basah yang tercemar). Akibat transformasi ini, tentu saja layanan yang dihasilkan lahan kering akan hilang, dan kehilangan layanan ini diasumsikan akan terjadi sampai pada tahun ke L. Namun perlu dicatat bahwa pada tahun H, layanan lahan basah yang merupakan hasil konversi lahan kering tadi akan mulai berfungsi dan diharapkan akan berlangsung sampai tahun ke-M. Dari tahun ke-M sampai tahun ke-L, layanan yang dihasilkan dari lahan basah yang baru ini akan terus menghasilkan layanan yang maksimum sampai tahun ke-L dengan layanan sebesar Sw.



Sumber: Dunford et al. (2004)

Gambar 6.4  
Ilustrasi HEA Melalui Habitat yang Rusak dan yang Dikompensasi

Dari Gambar 6.4 panel bawah nampak bahwa jumlah kerugian secara agregat dari lahan kering adalah sebesar daerah B dan daerah C (arsir vertikal) yang merupakan jumlah layanan dari lahan kering dari tahun ke-H sampai tahun ke-L. Sementara besaran manfaat (*gain*) dari layanan habitat lahan basah hasil transformasi adalah daerah C dan D yang dihasilkan dari tahun H sampai tahun L. Prinsip dalam HEA adalah melakukan kompensasi restorasi pada habitat lahan kering (*dry land*) untuk mengompensasi kerugian yang terjadi pada daerah A, atau secara sederhana ditulis menjadi :

$$A = (C+D) - (B+C) = D - B \quad (2)$$

Daerah A adalah kerugian layanan habitat akibat kerusakan lingkungan, sementara daerah (D – B) adalah manfaat bersih (*net gain*) dari habitat yang mengompensasi (*compensatory habitat*) habitat yang rusak.

Bagaimana kemudian prinsip perhitungan HEA versi Dunford *et al.* (2004) kita formulasikan ke dalam perhitungan *present value* sebagaimana persamaan (1) yang telah diskusikan di atas? Kita bisa mengikuti alur pemikiran Dunford *et al.* (2004) dengan mengasumsikan suatu lahan basah yang rusak karena tumpahan minyak (*injured wetland*) yang kemudian dikompensasi melalui transformasi lahan kering menjadi lahan basah sebagaimana penjelasan Gambar 6.4 di atas.

Jika diasumsikan bahwa manfaat lahan basah merupakan fungsi dari layanan yang dihasilkan, atau

$$W_t = f(s_1, s_2, s_3, \dots, s_n) \quad (3)$$

maka nilai *present value* dari daerah A (PV A) pada Gambar 6.4 dapat ditulis dalam formula:

$$PV A = \sum_{t=T}^X W_t (1 - \sigma_t) Q_t \rho_t \quad (4)$$

Pada persamaan (4), T mewakili tahun awal dimana kerusakan terjadi (atau pencemaran minyak dalam contoh Dunford *et al.*, 2004), X adalah periode dimana nilai lahan basah kembali ke posisi awal (*baseline*),  $\sigma_t$  menggambarkan proporsi nilai tahunan lahan basah yang rusak akibat pencemaran yang terjadi pada tahun t,  $Q_t$  mewakili jumlah (dalam hektar atau satuan lain) lahan basah yang rusak, dan  $\rho_t$  adalah *discount factor* yang merupakan penyederhanaan dari  $(1 + d)^{-(t-P)}$ . Dalam komponen *discount factor* mengandung variable d yang tidak lain adalah *discount rate* (dalam persamaan 1, diwakili oleh r), dan P yang tidak lain adalah tahun dimana penilaian kerusakan (*assessment*) dimulai. Perlu dicatat bahwa  $\sigma_t = 1$  pada tahun ke X, sehingga tidak ada nilai injury lagi pada lahan basah (daerah A = 0).

Dengan menggunakan prinsip yang sama dalam menghitung nilai *present value* daerah A, maka nilai *present value* untuk daerah B dan C juga dihitung dengan menggunakan formula :

$$PV (B + C) = \sum_{t=H}^L U_t Q_R \rho_t \quad (5)$$

Sebagaimana terlihat pada persamaan (5) periode perhitungan untuk daerah B dan C dimulai dari t=H (transformasi *dryland* ke *wetland* dilakukan) sampai t=L. Pada persamaan (5),  $U_t$  menggambarkan nilai tahunan per hektar dari habitat lahan kering jika tidak ditransformasi menjadi lahan basah,  $Q_R$  mewakili jumlah hektar habitat lahan kering yang akan ditransformasi menjadi habitat lahan basah.

Nilai *present value* untuk daerah C dan D pada Gambar 6.4 bisa ditulis dalam bentuk:

$$PV (C + D) = \sum_{t=H}^L V_t \varphi_t Q_R \rho_t \quad (6)$$

dimana  $V_t$  menggambarkan nilai tahunan per hektar habitat lahan basah yang baru direkonstruksi dari lahan kering dengan layanan yang paling maksimum. Variabel  $\varphi_t$  adalah proporsi nilai maksimum dari lahan basah yang baru. Nilai  $\varphi_t$  akan mencapai maksimum pada tahun ke-M.

Dengan menggabungkan persamaan (4) sampai (6) ke dalam persamaan (2), maka dihasilkan persamaan HEA sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \sum_{t=T}^X W_t (1 - \sigma_t) Q_t \rho_t &= \sum_{t=H}^L V_t \varphi_t Q_R \rho_t - \sum_{t=H}^L U_t Q_R \rho_t \\ &= Q_R \sum_{t=H}^L (V_t \varphi_t - U_t) \rho_t \end{aligned} \quad (7)$$

Penyederhanaan persamaan HEA yang dihasilkan dari persamaan (7) menghasilkan nilai ekonomi dari tiga habitat yang unik yakni  $W_t$ ,  $V_t$  dan  $U_t$ . Menurut Dunford *et al.* (2004) nilai ekonomi dari ketiga habitat ini sering tidak bisa diketahui karena mengandung layanan ekosistem yang tidak ditransaksikan di pasar. Misalnya saja, layanan habitat lahan basah sebagai pelindung banjir atau penyaring air atau bahkan fungsi keanekaragaman hayati, tidak ditransaksikan di pasar. Beberapa pendekatan yang digunakan untuk menduga nilai ekonomi seperti valuasi ekonomi, mungkin akan menimbulkan biaya yang mahal. Untuk mengatasi hal tersebut Dunford *et al.* (2004) menyederhanakan hubungan ketiga habitat tersebut sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \delta_t &= \frac{U_t}{V_t} \\ \varepsilon_t &= \frac{V_t}{W_t} \end{aligned} \quad (8)$$

dimana  $\delta_t$  adalah nilai tahunan per hektar lahan kering relatif terhadap nilai tahunan per hektar lahan basah yang dibangun pada nilai maksimumnya pada tahun t. Variabel  $\varepsilon_t$  menggambarkan nilai tahunan per hektar dari lahan basah yang baru relatif terhadap nilai tahunan per hektar lahan basah yang rusak dalam kondisi *baseline* pada tahun t. Dengan substitusi persamaan (8) ke persamaan (7) dan memecahkan untuk  $Q_R$  akan menghasilkan:

$$Q_R = \frac{Q_I \left[ \sum_{t=T}^X W_t (1 - \sigma_t) \rho_t \right]}{\sum_{t=H}^L W_t \varepsilon_t (\varphi_t - \delta_t) \rho_t} \quad (9)$$

Persamaan (9) di atas menyatakan bahwa jumlah lahan kering yang bisa dikonversi menjadi lahan basah ( $Q_R$ ) untuk mengompensasi kerusakan lahan basah, ditentukan oleh luasan lahan basah yang rusak dikalikan dengan nilai *present value* per hektar lahan basah yang rusak dibagi dengan *present value* per hektar perolehan lahan basah (dari konversi) dikurangi dengan *present value* per hektar kehilangan lahan kering (karena dikonversi).

Dalam implementasi HEA, beberapa parameter dalam persamaan (9) seperti penentuan nilai  $\varepsilon_t$  dan nilai  $\delta_t$ , demikian juga besaran nilai  $W_t$  sering sulit ditentukan nilainya sehingga dibangun asumsi-asumsi untuk membuat persamaan (9) bisa operasional. Dengan berbagai modifikasi persamaan dan juga asumsi terhadap parameter pada persamaan (9), formulasi penentuan besaran restorasi kemudian disederhanakan menjadi :

$$Q_R = \frac{Q_I \left[ \sum_{t=T}^X (1 - \sigma'_t) \rho_t \right]}{\sum_{t=H}^L (\varphi'_t - \delta'_t) \rho_t} \quad (10)$$

Persamaan (10) mengandung notasi aksent (' ) yang menunjukkan proporsi dari layanan bukan proporsi dari nilai. Persamaan (10) juga tidak secara eksplisit mengandung nilai habitat sehingga lebih mudah diimplementasikan karena proporsi dari layanan diukur relatif terhadap *baseline*. Formula inilah yang kini banyak digunakan dalam perhitungan HEA sebagaimana nanti ditunjukkan pada KB-2.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

- 1) Untuk memahami konsep dasar analisis ekivalensi dan habitat *equivalency analysis*, pelajari beberapa metode kompensasi sejenis di berbagai literatur dan pahami dengan baik konsep debit dan kredit dalam HEA!
- 2) Untuk memahami formulasi akhir metode HEA yang dikembangkan oleh Dunford *et al.* (2004), lakukan rekonstruksi persamaan (9) sampai persamaan (10)!

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

- 1) Pelajari dan cermati KB-1 dan cari literatur berdasarkan penelusuran melalui bantuan daftar pustaka yang ada pada modul ini. Buat grafik sendiri dengan merekonstruksi Gambar 6.1 dan Gambar 6.2 serta berbagai skenario *baseline*, waktu kerusakan dan pemulihan yang berbeda.
- 2) Pelajari lebih detail penurunan persamaan HEA dari jurnal yang ditulis oleh Dunford *et al.* (2004) sebagaimana ditemukan dalam Daftar Pustaka modul ini.



## Rangkuman

Ekivalensi analisis adalah metode atau cara untuk menentukan jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang hilang selama periode waktu tertentu sebagai akibat dari kerusakan lingkungan, serta jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang dibutuhkan untuk mengompensasi kehilangan tersebut. *Habitat equivalency analysis* (HEA) merupakan salah satu metode kompensasi yang didasarkan pada prinsip remediasi kompensatori dengan basis *service-to-services* (layanan terhadap layanan). HEA menggunakan prinsip kehilangan antara (*interim loss*) untuk menghitung kompensasi kerugian ekosistem yang dapat dilakukan melalui remediasi pada ekosistem alternatif.



## Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan prinsip analisis ekivalensi!
- 2) Jelaskan pengertian remediasi kompensasi (*compensatory remediation*) dan apa bedanya dengan remediasi primer?

- 3) Menurut Fauzi (2014) jelaskan prinsip operasional HEA menurut Fauzi (2014)!
- 4) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *interim loss* (debit) dalam analisis HEA!
- 5) Jelaskan komponen-komponen utama dalam analisis HEA menurut Fauzi (2014)!

## Tahapan dan Aplikasi Penghitungan HEA

### A. INFORMASI DAN ASUMSI KUNCI HEA

Setelah memahami konsep dasar tentang HEA, pada KB-2 ini, kita akan membahas bagaimana aplikasi HEA dalam penilaian kerusakan lingkungan dengan menggunakan ilustrasi data hipotetik. Sebelum membahas contoh penggunaan HEA, terlebih dahulu akan disampaikan beberapa isu penting terkait dengan beberapa persyaratan dan informasi sebagai prasyarat menggunakan HEA dan beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk implementasinya.

Secara umum ada tiga informasi penting untuk melakukan penghitungan HEA. Pertama adalah informasi yang berkaitan dengan subyek yang akan dihitung yakni ekosistem atau sumber daya alam yang mengalami kerusakan. Kedua adalah besaran kerusakan awal (*initial damage*), ketiga adalah laju pemulihan ekosistem yang mungkin terjadi. Ketiga informasi ini menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam penghitungan HEA dan akan menentukan hasil akhir dari HEA yakni skala restorasi yang dibutuhkan untuk mengompensasi kerusakan ekosistem yang terjadi.

Selain dari ketiga informasi yang diperlukan dalam penggunaan HEA, ada beberapa asumsi kunci yang juga perlu dibangun terlebih dahulu untuk melakukan analisis HEA sebagaimana dikemukakan oleh Desvousges (2018). Pertama adalah tipe, kualitas, dan kuantitas layanan ekosistem harus bisa diperbandingkan. Oleh karena HEA berbasis “*services-to-services*” maka layanan sumber daya alam dan lingkungan yang rusak harus bisa dibandingkan dengan layanan ekosistem sejenis sebagai basis untuk restorasi. Misalnya saja, satu hektar hutan mangrove di kawasan A yang rusak harus bisa dibandingkan dengan satu hektar kawasan mangrove yang lain di kawasan B sehingga penghitungan restorasi bisa dilakukan.

Kedua diasumsikan pula bahwa jumlah kerusakan dari ekosistem adalah konstan sepanjang waktu. Misalnya saja, 100 ha lahan yang rusak diasumsikan konstan selama periode penghitungan debit dan kredit. Asumsi ini diperlukan untuk melakukan perbandingan nilai kerusakan sepanjang waktu sehingga bisa digunakan penghitungan *present value* kerusakan (*discounted present value damage*). Asumsi ini sering juga digunakan dalam penghitungan analisis biaya manfaat program atau proyek jangka panjang untuk membandingkan nilai ekonomi yang terjadi di masa mendatang dinilai dari sekarang.

Selain dari kedua asumsi di atas, penghitungan HEA juga mengasumsikan bahwa perubahan kerusakan layanan ekosistem atau lingkungan bersifat gradual. Dengan kata lain perubahan kerusakan tersebut tidak terjadi secara sporadik dan random. Perubahan yang sporadik ini akan menyulitkan penghitungan nilai diskonto kerusakan dan restorasi di masa mendatang.

Dunford *et al.* (2004) menambah beberapa asumsi kunci dalam penggunaan HEA. Sebagian asumsi yang dibangun Dunford *et al.* (2004) juga sejalan dengan asumsi yang dibangun oleh Desvousges (2018). Berikut ini beberapa asumsi kunci penggunaan HEA menurut Dunford *et al.* (2004).

Pertama menyangkut preferensi untuk kompensasi dengan layanan yang sama. Asumsi yang dibangun dalam HEA adalah bahwa layanan yang dihasilkan dari habitat yang rusak (*injured habitat*) dengan habitat untuk restorasi memiliki kualitas layanan yang sama. Misalnya, jika ekosistem yang rusak adalah dasar sungai atau danau, maka danau lain atau sungai lain yang dijadikan habitat untuk restorasi juga dilakukan pada ekosistem dasar sungai atau danau tersebut, tidak di permukaan atau di tepi sungai atau danau.

Kedua, HEA dibangun dengan asumsi penggunaan metrik atau pengukuran tunggal (*single metric*) untuk layanan habitat yang dikaji. Asumsi ini dibangun karena habitat atau ekosistem merupakan sistem yang sangat kompleks dengan beragam interaksi komponen flora dan fauna di dalamnya. Misalnya saja dalam satu ekosistem lahan basah ada fungsi layanan hidrologis (misalnya peredam banjir), fungsi tempat berkembang biaknya hewan-hewan (tempat memijah) dan berbagai fungsi ekologis lainnya. Pengukuran dengan menggunakan fungsi yang berbeda untuk setiap layanan ekosistem tersebut tentu akan menyulitkan perhitungan HEA. Oleh karenanya, penggunaan metrik tunggal seperti dalam prosentasi layanan terhadap *baseline* (% hektar, atau % ton) akan memudahkan perhitungan kerusakan dan restorasi yang dibutuhkan. Dunford *et al.* (2004) lebih jauh menyatakan bahwa penggunaan metrik harus memerhatikan hal berikut ini.

1. Keterkaitan tingkat kelimpahan sumber daya atau fungsi penting dari sumber daya alam yang ada dalam habitat.
2. Keterkaitan antara habitat yang rusak dengan habitat yang lebih umum seperti hutan, lahan basah, sedimen, dan sejenisnya.
3. Bisa diukur atau diduga relatif terhadap *baseline*.
4. Bisa diperbandingkan (*scaling*) dengan metrik pada habitat yang dijadikan objek restorasi.

Asumsi yang ketiga yang penting dalam implementasi HEA menurut Dunford *et al.* (2004) adalah bahwa layanan habitat merupakan proporsi yang tetap terhadap nilai moneter dari setiap habitat. Dengan kata lain, jika layanan dari habitat yang rusak turun sebesar 40%, maka nilai moneter (baik dalam rupiah maupun mata uang lainnya) juga

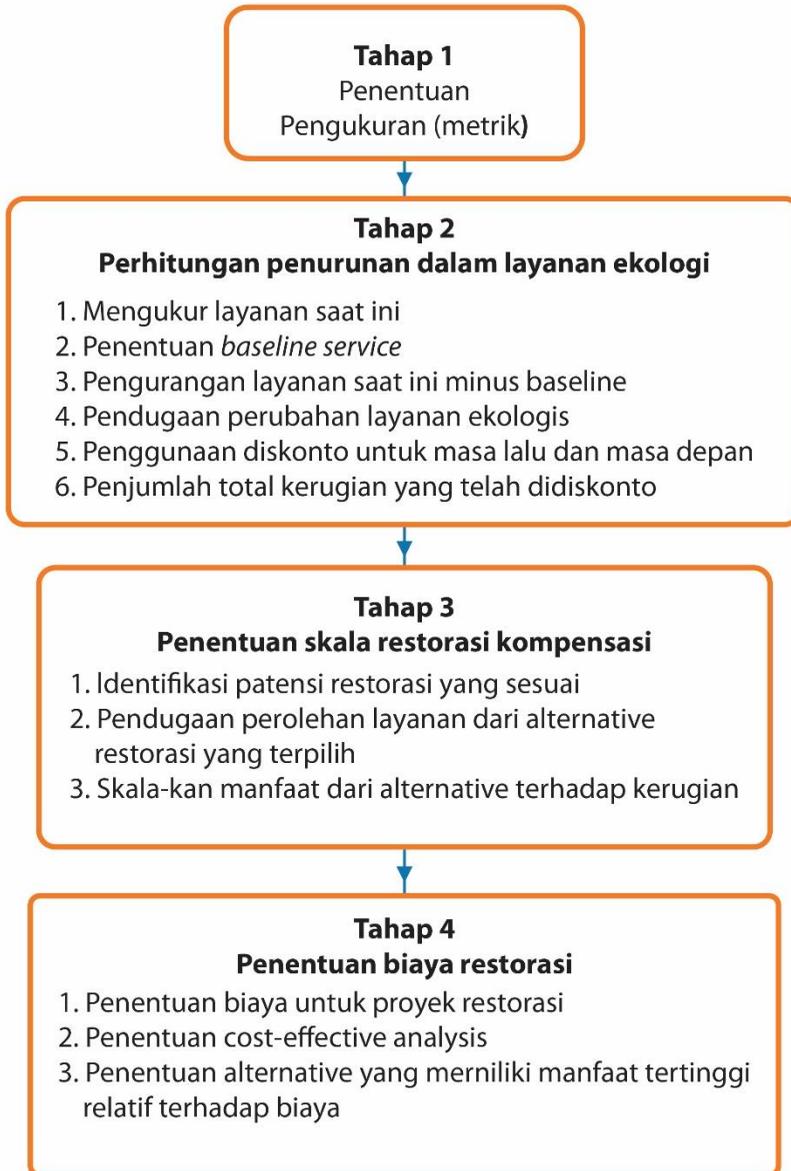
turun sebesar 40%. Sebaliknya, misalnya layanan habitat naik 10%, maka nilai moneterinya juga naik 10%.

Selain dari ketiga asumsi di atas, HEA juga mengasumsikan bahwa nilai unit dari habitat yang rusak (*injured habitat service*) bersifat konstan sepanjang waktu. Artinya bahwa selama masa perhitungan HEA, nilai riil dari unit yang dianalisis tidak berubah. Asumsi ini dibangun karena dalam beberapa kasus, bisa saja nilai unit yang dianalisis bisa meningkat karena menjadi langka sehingga dengan permintaan yang meningkat dan suplai yang terbatas, nilainya kemudian akan meningkat. Perubahan nilai ini tentu akan mengubah proses penilaian sehingga akan menyulitkan penentuan restorasi karena nilai yang berubah-ubah.

Dari uraian di atas bisa difahami bahwa sebagai instrumen penilaian kerusakan lingkungan, HEA memiliki banyak keterbatasan. Namun demikian, metode ini paling tidak dapat digunakan sebagai proxy dalam penilaian risiko lingkungan melalui kompensasi restorasi. Metode ini juga bisa digabung dengan metode lainnya sehingga bisa melengkapi penilaian risiko lingkungan secara lebih komprehensif.

## **B. TAHAPAN IMPLEMENTASI HEA**

Setelah mengetahui informasi yang dibutuhkan dan asumsi yang diperlukan untuk melakukan analisis HEA, maka analisis HEA dapat dilakukan dengan mengikuti tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 6.5. Tahap pertama dalam analisis HEA adalah penentuan pengukuran, yakni besaran satuan unit ekosistem atau lingkungan yang harus dianalisis. Apakah dalam hektar atau dalam are atau dalam satuan unit lainnya.



Gambar 6.5  
Tahapan Analisis HEA

Setelah tahap ini dilalui maka analisis HEA dilanjutkan dengan melakukan penghitungan penurunan pelayanan ekosistem dari kondisi *baseline*. Pada tahap ke-2 ini kondisi *baseline* merupakan aspek penting karena akan mempengaruhi penghitungan HEA secara keseluruhan. Kondisi *baseline* sendiri menurut *Ad-Hoc Industry Natural Resource Management Group* (2009) diartikan sebagai “kondisi sumber daya alam dan lingkungan yang seharusnya ada pada saat peristiwa kerusakan terjadi seandainya kerusakan lingkungan tidak terjadi” (*the condition that would have existed at the time of the damage of the natural resources and services had the environmental damage not*

*occurred*). Pengukuran pelayanan dalam kondisi *baseline* ini bisa dalam satuan metrik yang telah ditentukan atau dikonversi menjadi persentase penurunan dari *baseline* seperti yang umum digunakan dalam analisis HEA. Penghitungan ini kemudian dilanjutkan dengan konversi ke nilai *present value* dengan menggunakan *discount rate* yang tepat untuk membandingkan kerusakan ekosistem yang setara antarwaktu.

Tahap berikutnya dalam analisis HEA adalah menghitung *service gain* atau manfaat layanan yang bisa dipulihkan dari program restorasi. Layanan ini juga harus dihitung dengan *present value service gain* sehingga dihasilkan nilai yang setara dengan *service loss* yang dihitung pada tahap 2. Hasil analisis tahap ketiga juga akan menghasilkan skala-restorasi yang merupakan penghitungan rasio antara *service loss* dengan *service gain*.

Tahap akhir dari analisis HEA merupakan tahap optional atau bisa dilakukan sebagai tindak lanjut dari tahap 1 sampai 3. Tahap ini juga bisa dilakukan secara terpisah jika tidak dimungkinkan dilakukan penghitungan biaya restorasi. Perlu diketahui bahwa penghitungan biaya restorasi memang memerlukan waktu yang lebih lama karena penghitungan nilai moneter (kerugian dan biaya restorasi) merupakan hal yang cukup sensitif yang memerlukan kecermatan tersendiri.

### C. CONTOH APLIKASI HEA

Untuk memahami lebih rinci penghitungan HEA, pada bagian ini akan disampaikan contoh penghitungan HEA dengan data yang diperoleh dari Lipton *et al.* (2018). Kasus yang diamati pada penghitungan ini adalah kasus hipotetik (bukan data riil) di mana angka yang diperoleh lebih didasarkan pada perkiraan semata untuk memberikan ilustrasi tata cara penghitungan debit, kredit dan skala restorasi yang dibutuhkan.

#### 1. Perhitungan Kerugian (Debit)

Pada model Lipton *et al.* (2018) diasumsikan bahwa terdapat 100 ha lahan yang rusak akibat pencemaran lingkungan yang mengakibatkan kehilangan jasa serta fungsi ekosistem. Beberapa parameter dalam penghitungan ini adalah sebagai berikut.

- a. Tahun awal (*baseline*): Diasumsikan kehilangan layanan terjadi pada tahun 2012.
- b. Tahun akhir debit: Kerugian diasumsikan terjadi sampai tahun 2021 ketika layanan ekosistem 100 ha lahan kembali ke posisi sebelum terjadi kerusakan.
- c. Tahun dasar *discount factor* adalah 2012 (tahun asesmen dilakukan) sehingga *discount factor* pada tahun ini sama dengan 1.
- d. Sebaran luasan: Diasumsikan bahwa kerusakan menyebar rata pada lahan 100 ha.
- e. Derajat kerugian: Diasumsikan bahwa ekosistem mengalami penurunan layanan sebesar 50% dan penurunan ini berlanjut sampai tahun 2016. Kemudian

mengalami penurunan sampai tidak ada lagi kerugian pada tahun 2021 atau ekosistem mulai mengalami pemulihan.

- f. *Discount rate*. *Discount rate* yang digunakan sebesar 3% per tahun.

Tabel 6.1  
Ilustrasi Hipotetik Penghitungan Debit

Tahun	Luasan terdampak (ha)	Derajat kerugian (% penurunan)	Discount Factor (PV multiplier)	Debit (DSHaYs)
2012	100	50%	1.00	50.00
2013	100	50%	0.97	48.54
2014	100	50%	0.94	47.13
2015	100	50%	0.92	45.76
2016	100	50%	0.89	44.42
2017	100	40%	0.86	34.50
2018	100	30%	0.84	25.12
2019	100	20%	0.81	16.26
2020	100	10%	0.79	7.89
2021	100	0%	0.77	0.00
Total Debit(Discounted Services Hectare Year) atau DSHaYs				319.64

Sumber: Lipton *et al.* (2018)

Tabel 6.1 menyajikan data “debit” HEA dengan menggunakan asumsi-asumsi di atas. Data kolom debit dihitung dengan mengalikan luasan terdampak dengan derajat penurunan dan *discount factor*. Sebagai contoh, debit pada tahun 2018 adalah  $100 \times 0,3 \times 0,84 = 25,12$ . Jumlah total debit yang sebagaimana terlihat pada baris akhir yakni sebesar 319,64 menggambarkan nilai total kerugian selama layanan ekosistem mengalami kerusakan. Total debit dihitung dalam *discounted service hectare years* atau nilai hektar yang didiskonto selama masa kerusakan.

## 2. Perhitungan Manfaat (Kredit)

Untuk menghitung manfaat dari remediasi atau kredit dari HEA, dimisalkan bahwa proyek remediasi di lokasi yang tidak jauh dari lokasi ekosistem yang rusak dapat dilakukan. Proyek ini diasumsikan dapat memperbaiki layanan ekosistem yang setara dengan lahan yang rusak yang terjadi pada lahan 100 ha di atas. Sama halnya dengan penghitungan debit, penghitungan kredit juga memerlukan beberapa parameter agar dapat dilakukan penghitungan total kredit. Diasumsikan bahwa parameter berikut berlaku untuk penghitungan kredit.

- Tahun awal: Diasumsikan bahwa manfaat dari remediasi terjadi setelah 2 tahun dari kerusakan yakni pada tahun 2014.
- Tahun akhir: Diasumsikan bahwa manfaat remediasi berakhir pada tahun 2068.
- Unit: per hektar.
- Derajat manfaat: Diasumsikan bahwa manfaat remediasi sebesar 50% dari *baseline*, dan manfaat ini diperoleh secara gradual sebesar 10% per tahun sampai

tahun 2018 dan kemudian konstan selama 50 tahun berikutnya sebesar 50% sampai tahun 2068.

- e. *Discount rate (present value multiplier)*: Digunakan tingkat *discount factor* yang sama dengan penghitungan debit yakni sebesar 3%.
- f. Tahun dasar asesmen. Diasumsikan bahwa tahun dasar asesmen sama dengan tahun dasar debit yakni pada tahun 2012, sehingga *discount factor* pada tahun 2012 sama dengan satu. Selama periode 2012-2013 belum diperoleh manfaat dari remediasi sehingga *service gain* pada kedua tahun ini sama dengan nol.

Berdasarkan asumsi di atas, maka penghitungan kredit dapat dilihat pada Tabel 6.2. Kolom kedua menggambarkan per hektar unit yang diremediasi (luasan 1 hektar), sedangkan kolom ketiga menggambarkan derajat manfaat (*gain*) yang secara gradual diperoleh mulai tahun 2014. Pada kolom terakhir yakni jumlah kredit untuk setiap tahun diperoleh dari pengalian derajat manfaat (kolom 3 dengan multiplier). Tabel 5.2 tidak menyajikan seluruh tahun karena cukup Panjang. Namun demikian, jika dihitung secara keseluruhan untuk per tahun akan diperoleh nilai kredit per hektar sebesar 12,08 DSHaYS. Angka ini menunjukkan bahwa peningkatan layanan ekosistem lahan per hektar terhadap *baseline* dihitung dalam *present value* (2012) adalah sebesar 12,08. Angka ini kemudian digunakan untuk menghitung skala restorasi.

Tabel 6.2  
Ilustrasi Hipotetik Penghitungan Kredit

Tahun	Unit (hektar)	Derajat manfaat (% peningkatan)	Discount Factor (PV multiplier)	Kredit (DSHaYS)
2012	1	0	1	0
2013	1	0	0.97	0
2014	1	10%	0.94	0.094
2015	1	20%	0.92	0.183
2016	1	30%	0.89	0.267
2017	1	40%	0.86	0.345
2018	1	50%	0.84	0.419
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
2065	1	50%	0.21	0.104
2066	1	50%	0.20	0.101
2067	1	50%	0.20	0.098
2068	1	50%	0.19	0.096
Per hektar kredit lahan yang diremediasi				12.08

Sumber: Lipton et al. (2018)

### 3. Perhitungan skala restorasi

Setelah penghitungan kredit dan debit diperoleh, maka langkah berikutnya dalam analisis HEA adalah menghitung skala restorasi (*scale*). Angka ini merupakan pembagian dari debit terhadap kredit. Dari hasil analisis debit diperoleh angka sebesar 319,64 DSHaYs sementara besaran kredit diperoleh sebesar 12,08 DSHaYs. Pembagian debit terhadap kredit diperoleh sebesar  $319,64/12,08 = 26,5$  ha. Dengan kata lain, untuk mengganti kerugian 319,64 DSHaYs dengan contoh proyek remediasi, diperlukan 26,5 ha. Angka ini menggambarkan jumlah hektar yang dibutuhkan setiap tahun, dimulai dari remediasi tahun 2012, untuk penyediaan layanan jasa ekosistem selama 55 tahun yang akan mengkompensasi kerugian antara (*interim loss*) sebesar 319,64 ha.

Sebagaimana dijelaskan oleh Lipton *et al.* (2018), remediasi membutuhkan luasan yang lebih kecil (26,5 ha) dibanding total area yang rusak (100 ha). Namun demikian, perlu menjadi perhatian bahwa angka ini merupakan hasil penjumlahan sepanjang waktu. Dalam kasus di atas, debit terjadi selama sembilan tahun di mana layanan turun 50% selama lima tahun pertama, kemudian pulih setelahnya. Sementara itu, sebagaimana terlihat pada Tabel 6.2, manfaat atau kredit yang diperoleh dari proyek restorasi terjadi pada periode waktu yang relatif lama yakni 55 tahun dimana layanan ekosistem pulih secara gradual pada lima tahun pertama sampai 50% dari *baseline* dan berlangsung hingga akhir periode remediasi.



#### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Untuk memperdalam pemahaman tentang penghitungan *Habitat Equivalency Analysis* (HEA) untuk berbagai kasus lingkungan, telusuri beberapa kasus di berbagai negara yang sudah menggunakan HEA baik dalam kasus pencemaran terestial maupun kasus pencemaran tumpahan minyak. Perhatikan bagaimana penentuan *baseline* dilakukan. Perhatikan pula bagaimana debit dan kredit dihitung serta penentuan *discount rate* dalam menghitung *present value* dari kerusakan dan remediasi.

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Baca dengan cermat modul pada KB-2 ini serta literatur yang terdapat pada modul 6 ini. Referensi yang ada pada modul ini menyajikan beberapa contoh perhitungan HEA yang Anda bisa rekonstruksi dari data yang digunakan oleh penulis jurnal atau buku yang dimaksud.



## Rangkuman

Penghitungan *Habitat Equivalency Analysis* (HEA) sebagai salah satu pendekatan untuk analisis risiko lingkungan memerlukan tahapan yang harus dilakukan secara cermat. Setiap tahapan merupakan langkah penting karena akan menentukan hasil akhir dari kompensasi kerusakan lingkungan yang dihitung dalam skala restorasi. Dari uraian di atas, secara umum dapat dirangkum bahwa penghitungan HEA paling tidak memerlukan empat tahapan utama. Pertama menentukan metrik apakah dalam satuan hektar atau are dan satuan metrik lainnya. Tahapan ini kemudian dilanjutkan dengan penentuan penurunan layanan ekosistem yang bisa diperoleh dari literatur atau pertimbangan para pakar di bidangnya. Tahap kedua ini merupakan tahapan inti dalam HEA karena dari tahapan ini akan diketahui debit dan kredit yang terjadi pada layanan ekosistem. Tahapan kedua ini juga akan menentukan output utama dalam HEA yakni skala restorasi yang akan dicari pada tahap ketiga. Penentuan biaya restorasi merupakan tahapan pilhan karena harus mengubah hasil metrik analisis menjadi nilai moneter (rupiah) yang akan sangat tergantung dari berbagai pertimbangan biaya yang dikeluarkan baik selama kerusakan maupun selama restorasi.



## Tes Formatif 2

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan tiga informasi penting yang dibutuhkan dalam analisis HEA!
- 2) Berikan beberapa asumsi kunci dalam melakukan HEA.
- 3) Jelaskan tahapan utama (di luar penghitungan biaya) yang penting dalam melakukan HEA.
- 4) Dimisalkan bahwa 20 hektar lahan rusak akibat bencana lingkungan. Dengan menggunakan *discount rate* sebesar 3 persen, tabel berikut menyajikan perkiraan debit dari HEA. Isilah kolom 6 dan 7 sesuai informasi yang ada pada tabel dan hitung berapa debit dalam DSHaYS dari kasus ini!

## Perkiraan Debit HEA

Tahun	Status	Persen tingkat layanan	Persen layanan yang hilang	Effective lost	Discount factor	Discounted effective lost
2010	Penilaian dimulai	50%	50%	10.00		
2011		50%	50%	10.00		
2012	Pemulihan dimulai	56%	44%	8.75		
2013		63%	38%	7.50		
2014		69%	31%	6.25		
2015		75%	25%	5.00		
2016		81%	19%	3.75		
2017		88%	13%	2.50		
2018		94%	6%	1.25		
2019	Pemulihan tuntas	100%	0%	0.00		
2020		100%	0%	0.00		
2021		100%	0%	0.00		

- 5) Dimisalkan pula remediasi dilakukan pada tahun 2011 dan ekosistem pulih ke 100 persen dari mulai 2021 sampai tahun 2150. Dengan menggunakan *discount rate* yang sama sebesar 3 persen, lengkapi tabel kredit berikut!

## Latihan Penghitungan Kredit

Tahun	Status	Persen tingkat layanan	Persen layanan yang pulih	Discount factor	Discounted effective lost
2010		25%	0%		
2011	restorasi dimulai	25%	0%		
2012	Recovery begins	33%	8%		
2013		40%	15%		
2014		48%	23%		
2015		55%	30%		
2016		63%	38%		
2017		70%	45%		
2018		78%	53%		
2019		85%	60%		
2020		93%	68%		
2021		100%	75%		
..	..	..	..		
..	..	..			
..	..	..			
2048		100%	75%		
2049		100%	75%		
2050		100%	75%		
Per hektar kredit remediasi DSHaYS					

- 6) Tentukan skala restorasi dari kasus di atas!

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. Analisis ekivalensi adalah metode atau cara untuk menentukan jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang hilang selama periode waktu tertentu sebagai akibat dari kerusakan lingkungan, serta jenis dan jumlah sumber daya dan layanan yang dibutuhkan untuk mengkompensasi kehilangan tersebut.
2. Remediasi kompensatori (*compensatory remediation*) merupakan tindakan yang dibutuhkan untuk mengompensasi kerugian ekosistem yang terjadi dari sejak terjadinya kerusakan lingkungan sampai terjadinya pemulihan ke kondisi awal. Hal ini berbeda dengan remediasi primer yang mengkhhususkan pada tindakan pemulihan pada lokasi yang mengalami kerusakan melalui pengambilan (*removal*) dan pembersihan (*clean up*) sumber atau benda yang menyebabkan kerusakan lingkungan.
3. Secara operasional HEA bekerja melalui dua prinsip yakni prinsip kompensasi atas kerusakan lingkungan atau kehilangan layanan (*services*) dengan menyediakan sumber daya atau habitat pengganti. Kedua adalah prinsip kesamaan (*equivalency analysis*) yang memungkinkan dilakukannya penghitungan jumlah atau “*skala*” habitat dan sumber daya (*resources*) yang diperlukan untuk menyediakan tingkat layanan yang sama sepanjang waktu, sebanding dengan kondisi awal.
4. *Interim loss* (kerugian antara) adalah kerugian yang ditimbulkan dari awal kerusakan lingkungan terjadi hingga selesainya restorasi atau remediasi.
5. Komponen utama HEA
  - a. Adanya layanan ekosistem (ekologi) atau dikenal dengan “*services*” yakni fungsi ekologi maupun fungsi lingkungan yang rusak yang menjadi dasar bagi penghitungan *equivalency analysis*.
  - b. *Debit*, yakni jumlah kerusakan yang terjadi sepanjang waktu yang menggambarkan “*service loss*” (kehilangan layanan).
  - c. *Interim loss* (kerugian antara) yang menggambarkan total kerusakan dari mulai awal terjadinya kerusakan hingga selesainya restorasi atau remediasi.
  - d. *Credit* yakni manfaat yang dihasilkan dari proyek restorasi yang menggambarkan “*service gain*” (manfaat layanan).
  - e. *Metric* yakni ukuran yang digunakan untuk menghitung *debit* dan *credit* (misalnya tutupan vegetasi, kepadatan populasi, keanekaragaman hayati, dlsb). Dalam HEA metrik ini dinyatakan dalam unit luasan (seperti hektar, m<sup>2</sup> dan sejenisnya).

*Tes Formatif 2*

1. Tiga informasi penting adalah: a) informasi yang berkaitan dengan subyek yang akan dihitung yakni ekosistem atau sumberdaya alam yang mengalami kerusakan; b) besaran kerusakan awal; dan c) laju pemulihan ekosistem yang mungkin terjadi.
2. Asumsi kunci yang diperlukan adalah: a) tipe, kualitas dan kuantitas layanan ekosistem harus bisa dibandingkan; b) jumlah kerusakan konstan sepanjang waktu; c) perubahan baik dari sisi debit maupun kredit dari layanan ekosistem terjadi secara gradual.
3. Tahapan utama dalam perhitungan HEA yakni penentuan metrik (ha, are atau m<sup>2</sup>), penentuan penurunan layanan dari ekosistem atau ekologi, penentuan skala restorasi kompensasi, dan penentuan biaya restorasi.
- 4.

## Perkiraan Debit HEA

Tahun	Status	Persen tingkat layanan	Persen layanan yang hilang	Effective lost	Discount Factor	Discounted effective lost
2010	Penilaian dimulai	50%	50%	10.00	1.00	10.00
2011		50%	50%	10.00	0.97	9.71
2012	Pemulihan dimulai	56.25%	43.75%	8.75	0.94	8.25
2013		62.50%	37.50%	7.50	0.92	6.86
2014		68.75%	31.25%	6.25	0.89	5.55
2015		75%	25%	5.00	0.86	4.31
2016		81.25%	18.75%	3.75	0.84	3.14
2017		87.50%	12.50%	2.50	0.81	2.03
2018		93.75%	6.25%	1.25	0.79	0.99
2019	pemulihan tuntas	100%	0%	0.00	0.77	0.00
2020		100%	0%	0.00	0.74	0.00
2021		100%	0%	0.00	0.72	0.00
			Total discounted effective hectar-year lost			50.85

5.

## Hasil perhitungan kredit

Tahun	Status	Persen tingkat layanan	Persen layanan yang pulih	Discount factor	Discounted effective lost
2010		25%	0%	1.03	0.00
2011	restorasi dimulai	25%	0%	1.00	0.00
2012	Recovery begins	33%	8%	0.97	0.02
2013		40%	15%	0.94	0.06
2014		48%	23%	0.92	0.10
2015		55%	30%	0.89	0.15
2016		63%	38%	0.86	0.20
2017		70%	45%	0.84	0.26
2018		78%	53%	0.81	0.33
2019		85%	60%	0.79	0.40
2020		93%	68%	0.77	0.48
2021		100%	75%	0.74	0.56
dst	..	..	..		
..	..	..			
..	..	..			
2048		100%	75%	0.33	0.25
2049		100%	75%	0.33	0.25
2050		100%	75%	0.32	0.24
		Per hektar kredit remediasi DSHaYS			14.07

## Daftar Pustaka

- Allen, P. D., Chapman, D. J., & Lane, D. (2005). Scaling environmental restoration to offset injury using habitat equivalency analysis. Chapter 8 in R. F. Bruins and M. T. Herberling (ed.), *Economics and ecological risk assessment. application to watershed management*. Baton Rouge, LA: CRC Press.
- Desvousges, W.H., Gard, N., Michael H. J., & Chance, A. D. (2018). Habitat and resource equivalency analysis: A critical assessment. *Ecological Economics*, 143, 74-89.
- Dunford, R.W., Ginn T. C., & Desvousges, W. H. (2004). The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessment. *Ecological Economics*, 48, 49-70.
- Fauzi, A. (2014). *Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan sumber daya alam dan lingkungan*. Bogor: IPB Press.
- Lipton, J., Ozdemiroglu E., Chapman D., Peers, J. (Eds.). (2018). *Equivalency method for environmental liability: Assessing damage and compensation under european environmental liability directive*. Springer. The Netherland.
- Mazzota, M. J., Opaluch, J. J., & Grigalunas, T. A. (1994). Natural resource damage assessment: The role of resource restoration. *Nat. Resource Journal*, 24, 41–59.
- Ray, G. (2008). *Habitat equivalency analysis: A potential tool for estimating environmental benefit*. ERDC TN-EMRRP-EI-02
- Unsworth, R. E., Bishop, R. (1994). Assessing natural resource damages using environmental annuities. *Ecol. Econ*, 11, 35–41.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 07

# Metode dan Alat Pengukuran Analisis Risiko Lingkungan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 07</b>	<b>7.1</b>
Metode dan Alat Pengukuran Analisis Risiko Lingkungan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	7.4
Pendekatan Analisis Risiko: Kuantitatif versus Kualitatif	
<b>Latihan</b>	7.18
<b>Rangkuman</b>	7.19
<b>Tes Formatif 1</b>	7.19
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	7.20
Pendekatan Alternatif: <i>Option Value</i>	
<b>Latihan</b>	7.27
<b>Rangkuman</b>	7.27
<b>Tes Formatif 2</b>	7.28
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	7.29
<b>Daftar Pustaka</b>	7.30



## Pendahuluan

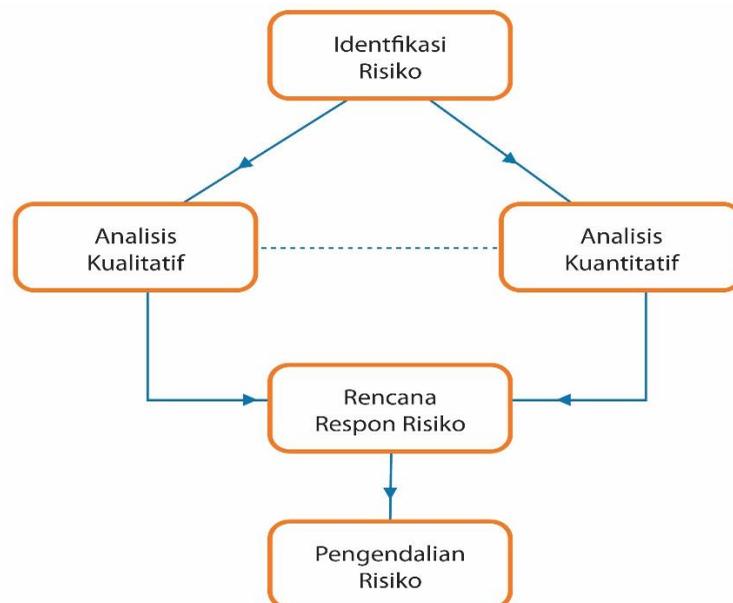
Pada modul-modul sebelumnya telah kita bahas prinsip-prinsip dan konsep dasar analisis risiko lingkungan serta beberapa pengukuran yang berkaitan dengan *discounting* dan kerusakan lingkungan. Dalam modul ini akan dikenalkan beberapa alat ukur risiko lingkungan, khususnya yang mengaitkan antara *hazard*, *exposure* dan risiko. Fokus bahasan akan lebih diarahkan pada pengenalan alat analisis secara umum terkait dengan prinsip kerja alat analisis tersebut beserta berbagai aplikasi yang telah banyak ditemukan dalam kasus-kasus risiko lingkungan.

Pada KB-1 akan disampaikan terlebih dahulu tentang perlunya alat ukur dalam analisis risiko lingkungan dari perspektif pendekatan kualitatif dan kuantitatif, serta kelebihan dan kekurangan dari kedua pendekatan tersebut. Pada KB-2 akan disajikan pendekatan alternatif analisis risiko yang menjadi salah satu bagian dari analisis biaya dan manfaat lingkungan secara umum yakni melalui pendekatan *option value* (nilai pilihan).

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu memahami dan melakukan analisis risiko dengan menggunakan salah satu atau beberapa alat analisis yang sesuai dengan konteks risiko lingkungan yang Anda kaji. Diharapkan juga bahwa modul ini dapat memberikan panduan terkait tata cara melakukan analisis risiko melalui pendekatan kualitatif dan kuantitatif dengan beberapa pertimbangan kelebihan dan kekurangan dari pendekatan-pendekatan dimaksud.

## Pendekatan Analisis Risiko: Kuantitatif versus Kualitatif

Secara umum pengukuran analisis risiko dapat digolongkan ke dalam pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif. Garis besar pengukuran risiko secara kuantitatif dan kualitatif juga sudah dibahas pada Modul 4 baik kelebihan dan kekurangannya untuk setiap pendekatan tersebut. Penentuan pendekatan yang paling tepat di antara kedua pendekatan tersebut tergantung dari berbagai faktor di antaranya ketersediaan data dan tingkat kedalaman analisis yang dibutuhkan untuk pengambilan keputusan. Semakin tinggi derajat kebutuhan untuk pengambilan keputusan, semakin besar kemungkinan kebutuhan untuk menggunakan pendekatan kuantitatif. Pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif pada prinsipnya dapat digunakan secara independen, bersamaan ataupun secara sekuensial (berurutan). Data yang dihasilkan dari analisis kualitatif bisa dilanjutkan untuk pengambilan keputusan penanganan risiko, dan bisa juga digunakan sebagai input untuk analisis yang bersifat kuantitatif. Keterkaitan antara keduanya bisa dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1  
Analisis Risiko Kualitatif dan Kuantitatif

Sebagaimana terlihat pada Gambar 7.1, garis putus-putus menunjukkan input tidak langsung dari analisis kualitatif ke analisis kuantitatif. Artinya, hasil analisis kualitatif bisa digunakan secara langsung dan tidak langsung untuk analisis kuantitatif. Kedua pendekatan ini kemudian dibutuhkan untuk menghasilkan respon dari risiko dan pengendalian risiko yang dibutuhkan (*decision making process*).

Perlu dipahami bahwa perbedaan antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif tidak semata terletak pada penggunaan “angka”. Pada hakekatnya pendekatan kualitatif pun menggunakan “angka” seperti untuk penentuan skor atau *rating*. Perbedaan utama di antara keduanya adalah bahwa pendekatan kualitatif lebih merupakan analisis risiko yang bersifat subyektif, sementara pendekatan kuantitatif merupakan pendekatan yang lebih bersifat analisis obyektif. Dash (2015) merinci beberapa perbedaan antara analisis kualitatif dan kuantitatif sebagaimana terlihat pada Tabel 7.1.

Table 7.1  
Beberapa Perbedaan Pendekatan Risiko Kualitatif dan Kuantitatif

<b>Analisis Kualitatif</b>	<b>Analisis Kuantitatif</b>
Biasanya dilakukan pada tahap awal	Dilakukan pada awal atau setelah analisis kualitatif
Skala yang lebih kecil	Skal yang lebih luas
Peluang risiko yang bersifat diskrit	Peluang risiko baik dalam bentuk diskrit maupun kontinyu
Skala risiko bersifat tekstual (seperti rendah, sedang, tinggi) atau skor (misalnya 1 Sampai 5) atau kombinasi keduanya	Skala risiko bersifat kuantitatif (dalam berbagai unit ukuran)
Tingkat keyakinan ( <i>degree of confidence</i> ) sulit ditentukan	Derajat keyakinan bisa diukur melalui ukuran kuantitatif atau statistik

*Sumber:* Dimodifikasi dari Dash (2015)

Pada bagian berikut ini akan dijelaskan beberapa pendekatan kualitatif dan kuantitatif yang umum digunakan dalam analisis risiko.

## A. PENDEKATAN KUALITATIF

Pendekatan kualitatif dalam analisis risiko merupakan salah satu pendekatan yang relatif umum dan banyak digunakan manakala data tidak cukup tersedia untuk melakukan analisis kuantitatif. Pendekatan kualitatif biasanya dilakukan pada tahap awal untuk menghasilkan gambaran umum (“*big picture*”) tentang sistem yang akan dianalisis atau dievaluasi. Dalam konteks kerusakan lingkungan misalnya, pendekatan kualitatif diperlukan pada tahap awal untuk memberikan gambaran penyebab kerusakan, dampak yang ditimbulkan dan besaran kerusakan secara umum. Dari

gambaran kualitatif ini kemudian bisa dianalisis lebih rinci untuk dilakukan pendekatan secara kuantitatif.

Dalam analisis lingkungan, pendekatan kualitatif umumnya dikategorikan ke dalam empat kelompok utama (Pyle dan Gough, 1999).

1. Teknik pengambilan keputusan analitik (*decision-analytic technique*) yang biasanya dilakukan oleh para pakar.
2. Pendekatan persepsi risiko (*risk perception approach*).
3. Pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*).
4. Pendekatan analisis kebijakan (*policy-analytic approach*).

Berikut ini penjelasan secara lebih rinci untuk setiap pendekatan kualitatif tersebut.

### 1. Teknik Pengambilan Keputusan Analitik

Analisis kualitatif risiko lingkungan yang berbasis pada keputusan analitis merupakan pendekatan yang banyak mengandalkan pertimbangan para pakar yang ahli di bidang lingkungan dan risiko yang terjadi pada sistem lingkungan. Pendekatan ini menggunakan proses pemeringkatan untuk menentukan tingkat kepentingan dari risiko melalui pembobotan dan penggunaan *scoring*. Secara umum pendekatan ini identik dengan penentuan matrik risiko yang telah kita bahas pada modul-modul sebelumnya. Lebih jauh Pyle dan Gough (1999) menyatakan bahwa pendekatan *decision-analytic* memiliki beberapa karakteristik di antaranya sebagai berikut.

- a. Mengasumsikan bahwa risiko sebagai konstruksi mental dari *specific outcome*, kejadian (*event*) dan tindakan (*actions*).
- b. Peluang dan preferensi risiko secara sengaja diturunkan dari pertimbangan subyektif, intuisi dan pengetahuan lainnya.
- c. Dapat memasukkan berbagai komponen risiko seperti nilai-nilai spiritual, kultural.
- d. Konteks analisis bisa berbeda antara satu situasi dengan situasi lainnya, misalnya dalam lingkungan pesisir bisa berbeda dengan lingkungan terestial. Demikian juga konteks perdesaan bisa berbeda dengan konteks perkotaan.

### 2. Pendekatan Persepsi Risiko

Kelompok analisis kualitatif yang berbasis persepsi merupakan pendekatan kualitatif yang sepenuhnya mengandalkan *subyective judgement* (pertimbangan subyektif). Pendekatan ini didasarkan pada penilaian kriteria penting menurut mereka yang terdampak risiko. Gough (1990) mengelompokkan penentuan persepsi risiko ini ke dalam empat jenis.

- a. Preferensi yang terungkap (*revealed preference*).
- b. Preferensi yang dinyatakan (*expressed preference*).
- c. Preferensi Implikasi (*implied preference*).
- d. *Natural standards*.

Preferensi yang didasarkan pada apa yang terungkap (*revealed*) merupakan preferensi yang menggambarkan sikap seseorang yang secara tidak langsung terungkap dari perilaku atau tindakan yang berkaitan dengan risiko. Preferensi ini akan tergambar dari kesanggupan menerima risiko atau kesanggupan membayar untuk perbaikan lingkungan yang dihasilkan dari metode-metode analisis valuasi risiko seperti metode *hedonic* atau metode perjalanan (*travel cost method*)<sup>1</sup>. Secara sederhana, preferensi yang terungkap pada metode *hedonic* misalnya tergambar dari kesanggupan seseorang untuk membeli properti (rumah) dengan harga yang lebih mahal di daerah *real estate* untuk menghindari risiko banjir atau pencemaran lingkungan. Preferensi ini terungkap melalui harga properti (rumah) yang mewakili preferensi masyarakat atau individu tersebut terhadap risiko lingkungan.

Berbeda dengan preferensi yang terungkap, preferensi yang dinyatakan (*expressed preference*) menggambarkan preferensi yang langsung dinyatakan seseorang atas sikap atau pilihannya terhadap suatu risiko. Dalam hal ini, setiap tingkat risiko yang dapat diterima harus ditentukan untuk setiap situasi yang melibatkan risiko, karena masyarakat mempersepsikan risiko secara berbeda pada situasi yang berbeda. Gambaran penilaian terhadap risiko ini misalnya dapat tercermin dalam besaran kesanggupan membayar (*willingness to pay*) pada metode *contingent valuation*. Sebagai gambaran, *contingent valuation method* atau CVM merupakan salah satu metode valuasi ekonomi di mana setiap responden ditanya kesanggupan membayar mereka atas suatu kejadian (misalnya proyek restorasi lingkungan yang rusak). Setiap individu ditanyakan kesanggupan membayar mereka dari Rp 0 sampai nilai yang sangat tinggi misalnya. Responden akan menyatakan kesanggupan mereka secara eksplisit (misalnya sejumlah Rp X) dan akan menghasilkan jawaban yang sangat beragam untuk keseluruhan responden yang ditanya. Keragaman nilai ini menunjukkan keragaman preferensi mereka dalam mempersepsikan risiko lingkungan. Lebih rinci mengenai metode CVM ini bisa dilihat di Fauzi (2014).

Jenis preferensi yang ketiga yakni preferensi implikasi (*implied preference*) menggambarkan penilaian risiko yang sudah terjadi di masa lalu dan kemudian dijadikan dasar sebagai basis penilaian risiko secara kualitatif. Penilaian risiko dengan pendekatan ini tentu memiliki banyak kelemahan karena apa yang terjadi di masa lalu mungkin akan sangat berbeda dengan saat ini. Pendekatan ini pada prinsipnya hanya memberikan gambaran bagaimana masyarakat menilai risiko yang sudah terjadi sebelumnya dan penilaian ini dapat dijadikan acuan dalam penilaian risiko dengan melakukan penyesuaian.

Pendekatan preferensi *natural standards* atau standar alam adalah preferensi terhadap risiko yang didasarkan pada bagaimana alam memulihkan atau menolerir kerusakan lingkungan. Pendekatan ini mengasumsikan bahwa jika alam bisa menolerir kerusakan di masa lalu, maka alam juga akan melakukan hal yang sama di masa

---

<sup>1</sup> Lihat Fauzi (2014) untuk lebih rinci mengenai kedua hal tersebut.

mendatang. Hal ini tentu saja dengan catatan bahwa kegiatan manusia tidak mengubah ekosistem lingkungan secara berlebihan atau lingkungan tidak menghadapi risiko yang sangat besar. Meski cukup sederhana dan mengandalkan bagaimana alam berperilaku, pendekatan ini tentu saja memiliki kelemahan mendasar yakni bagaimana para ahli sendiri mempersepsikan toleransi alam terhadap risiko. Misalnya saja bahwa pakar atau tim teknis menyatakan bahwa limbah tertentu cukup aman karena akan ditoleransi oleh alam melalui proses alamiah. Namun persepsi ini belum tentu diterima oleh masyarakat luas.

### 3. Pendekatan Kehati-hatian

Pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*) atau dikenal juga dengan pendekatan pencegahan (*preventive approach*) atau *anticipatory approach* merupakan tindakan yang dilakukan sebelum risiko lingkungan terjadi untuk mengantisipasi dan mencegah kerusakan lingkungan (Goncalves, 2014). Lebih jauh Goncalves (2014) menyatakan bahwa pendekatan kehati-hatian (*precautionary*) merupakan skenario risiko di mana rantai sebab akibat dari *hazard* sampai dampak akhir bersifat tidak pasti. Pendekatan kehati-hatian sering juga dikenal dengan pendekatan “*benefit of doubt to the environment*” (manfaat keragu-raguan terhadap lingkungan). Dengan kata lain, keraguan kita terhadap kemungkinan risiko yang ditimbulkan dapat membangkitkan tindakan untuk melakukan pencegahan sejak awal. Misalnya saja tidak melakukan eksploitasi terhadap lingkungan atau membatasi izin pendirian pabrik-pabrik yang akan mencemari sungai atau udara. Dengan keraguan ini, tentu risiko lingkungan dapat dihindari.

Meski terlihat sederhana dalam konsep, implementasi pendekatan kehati-hatian ini relatif tidak mudah. Hal ini disebabkan karena ketidakpastian dan risiko tidak dapat diketahui secara persis kapan dan dimana akan terjadi. Misalnya saja, sebagai langkah pencegahan para pengambil kebijakan melarang beberapa bahan kimia digunakan pada industri karena limbah yang dihasilkan dikhawatirkan akan mencemari sungai. Namun bisa saja dalam beberapa tahun kemudian diketahui bahwa bahan kimia tersebut dinyatakan sebagai bahan yang aman. Selama masa pelarangan tersebut ada risiko ekonomi yang ditimbulkan berupa penurunan produksi, misalnya. Namun di sisi lain kita juga memperoleh manfaat dari ketiadaan bahan kimia tersebut dalam perairan, meski dinyatakan aman di kemudian hari.

### 4. Pendekatan Analitik Kebijakan

Pendekatan analitik kebijakan (*Policy-analytic approach*) merupakan pendekatan yang memfokuskan pada proses sosial politik dalam pengambilan keputusan, berkaitan dengan risiko lingkungan. Pendekatan ini digunakan untuk mensintesis semua risiko lingkungan dalam satu *framework* kebijakan. Oleh karena fokus pada proses, maka pendekatan analitik lebih menekankan penilaian pada proses analisis dari pada *outcome* yang dihasilkan (Pyle dan Gough, 1991). Pada pendekatan

ini proses analisis risiko dianalisis melalui berbagai kerangka kebijakan baik yang menunjang maupun yang menghambat keputusan dalam mengurangi risiko, di antaranya adalah kendala kelembagaan, interaksi komunikasi, kekuatan para aktor yang terlibat, distribusi kekuatan (*power*) di antara aktor dan lembaga, serta berbagai aspek kebijakan lainnya yang saling berkaitan. Salah satu kelebihan dari pendekatan kualitatif ini adalah kemungkinan mengeksplorasi lingkungan sosial dan politik di mana keputusan yang berkaitan dengan risiko lingkungan harus diambil. Dengan eksplorasi ini, pengambil keputusan bisa mengetahui bagaimana keputusan benar-benar dibuat dan bagaimana informasi benar-benar dimanfaatkan.

Selain dari beberapa metode kualitatif yang telah disebutkan di atas, beberapa metode kualitatif analisis risiko juga banyak diterapkan di berbagai aspek, termasuk dalam konteks lingkungan. Salah satu pendekatan kualitatif yang cukup populer adalah FMEA (*Failure Mode and Impact Analysis*). Metode ini awalnya dikembangkan di industri penerbangan, industri pertahanan, industri kimia dan otomotif. Belakangan FMEA dikembangkan juga untuk analisis risiko lingkungan (Roszak *et al.*, 2015). Tujuan utama analisis risiko dengan FMEA adalah mengidentifikasi potensi kegagalan suatu sistem, mengevaluasi penyebab dan dampaknya terhadap suatu sistem serta mencari solusi untuk mengurangi atau menghilangkan risiko.

Sebagai pendekatan kualitatif, FMEA bekerja dengan cara penentuan skor (*scoring*) melalui skala Likert dari tiga komponen risiko yakni tingkat keparahan risiko (*severity risk*, atau S), peluang timbulnya risiko (P), dan deteksi risiko (D). Setiap komponen diskor dengan angka 1 sampai dengan 5, atau skala lain, misalnya 1 sampai 10 tergantung dari sistem yang diamati (Vazdani *et al.*, 2017). Ketiga komponen ini membentuk *Risk Priority Number* (RPN) yang menggambarkan derajat mode kegagalan (*failure mode*). Semakin tinggi skor RPN, semakin tinggi derajat kegagalan suatu sistem dan semakin banyak sumber daya (biaya, sumber daya manusia, modal) yang dibutuhkan untuk mencegahnya.

Dalam konteks lingkungan, komponen FMEA dikenal dengan EFMEA yaitu *Environmental Failure Mode and Impact Analysis*. RPN yang digunakan dalam FMEA lingkungan terdiri dari kejadian atau *occurrence* (O), tingkat kepentingan dampak lingkungan (S) dan deteksi kegagalan (D). Komponen O sama dengan komponen P dalam FMEA yang umum. EFMEA menggunakan skala 1 sampai dengan 10 (Roszak *et al.*, 2015). Dengan demikian RPN untuk EFMEA adalah:

$$\text{RPN} = S \times O \times D$$

Tabel 7.2 menyajikan komponen O,S,D dari E-FMEA menurut Roszak *et al.*, (2015).

Tabel 7.2  
Komponen OSD EFMEA

Kejadian (O)	Signifikansi (S)	Deteksi (D)
Standar dan kisaran lingkungan	Standar dan kisaran lingkungan	Penggunaan sistem dan instrumen pengawasan untuk peralatan
Stabilitas dan kegagalan peralatan	Stabilitas dan kegagalan peralatan	Penggunaan sistem dan instrumen pengawasan untuk standar dan kisaran lingkungan

Sumber: Roszak *et al.* (2015)

Setiap komponen O,S,D pada Tabel 7.1 kemudian dirinci lagi untuk menentukan tingkat *rating* atau skala signifikansi maupun deteksi kegagalan, tergantung dari sistem lingkungan yang dikaji. Roszak *et al.* (2015) lebih jauh menjelaskan bahwa untuk menerapkan komponen O,S,D dalam FMEA lingkungan, beberapa hal berikut harus menjadi pertimbangan.

- a. Memenuhi kepatuhan terhadap aspek legal lingkungan
- b. Dampak dari teknologi terhadap lingkungan
- c. Dampak dari infrastruktur terhadap peralatan dan proses produksi (jika dilakukan untuk analisis industri atau produksi misalnya)

Dalam implementasi yang lebih kompleks, EFMEA ini bisa digabung dengan pendekatan multi kriteria seperti TOPSIS yang akan dibahas lebih rinci pada modul 8, atau dengan pendekatan lain seperti *Data Envelopment Analysis* (DEA) atau *fuzzy-Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Nuchpho *et al.*, 2014).

## B. PENDEKATAN KUANTITATIF

Sebagaimana telah diuraikan pada bagian sebelumnya, perbedaan mendasar antara pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam analisis risiko adalah penggunaan subyektivitas dalam penilaian. Pada pendekatan kualitatif, aspek subyektivitas ini cukup kental dalam hal preferensi dan persepsi terhadap risiko. Meski pada hakekatnya pendekatan kuantitatif pun tidak terlepas dari aspek subyektivitas, khususnya ketika membangun asumsi untuk melakukan analisis risiko, aspek subyektivitas ini terbatas pada asumsi yang dibangun dan bukan pada aspek penghitungan risiko yang dilakukan. Hal tersebut karena pada pendekatan kuantitatif, analisis risiko dilakukan dengan menggunakan prinsip-prinsip matematis dan statistik. Oleh karenanya, pendekatan kuantitatif sering juga dikenal sebagai pendekatan teknis dalam analisis risiko.

Secara umum banyak pendekatan kuantitatif yang bisa digunakan untuk analisis risiko dalam berbagai konteks seperti 10 tatisti, manajemen perusahaan, proyek

pembangunan dan risiko lingkungan. Menurut Vesely (1984), beragam pendekatan kuantitatif tersebut dapat dikategorikan ke dalam empat kelompok utama.

- a. Analisis statistik dari kejadian masa lalu (*past events*)
- b. Teknik ekstrapolasi
- c. *Even tree analysis*
- d. *Fault tree analysis*

### 1. Analisis Statistik Kejadian Masa Lalu

Sebagaimana terbaca dari kalimat “statistik” pada judul di atas, pendekatan ini menggunakan prinsip-prinsip statistik, khususnya yang berkaitan dengan frekuensi kejadian. Pendekatan ini digunakan manakala kejadian yang menimbulkan risiko (*risk causing events*) yang terjadi di masa lalu telah mengakibatkan dampak yang paling tidak sama besarnya dengan kejadian yang akan dianalisis saat ini. Frekuensi risiko kejadian (*risk event frequency*) di masa lalu kemudian menjadi faktor penghubung untuk analisis risiko saat ini. Frekuensi risiko ini dihitung dari jumlah kejadian yang menimbulkan risiko pada periode waktu tertentu dibagi dengan waktu keterpaparan (*exposure time*) pada periode tersebut. *Exposure time* ini mempertimbangkan unit atau individu yang terpapar pada periode kejadian risiko tersebut.

Pendekatan statistik ini belakangan kemudian berkembang secara lebih kompleks dengan menggunakan indeks komposit dan berbagai metode lainnya. Pada prinsipnya pendekatan statistik memang akan memberikan analisis yang lebih dipercaya jika data tersedia secara lebih baik. Semakin rinci data yang berkaitan dengan risiko kejadian yang lebih spesifik, semakin baik analisis yang dihasilkan. Dengan kata lain, akurasi pendugaan risiko akan sangat tergantung pada ketersediaan data dan kelengkapan data dari kejadian masa lalu.

### 2. Teknik Ekstrapolasi

Teknik ekstrapolasi merupakan variasi lain dari pendekatan statistik kejadian masa lalu seperti telah dijelaskan sebelumnya. Analisis risiko dengan menggunakan pendekatan ini digunakan manakala dampak yang terjadi di masa lalu tidak terlalu besar, namun tidak ditemukan kejadian “ekstrim” (*extreme events*). Kejadian ekstrim ini kemudian diekstrapolasi dari peluang kejadian yang kurang ekstrim.

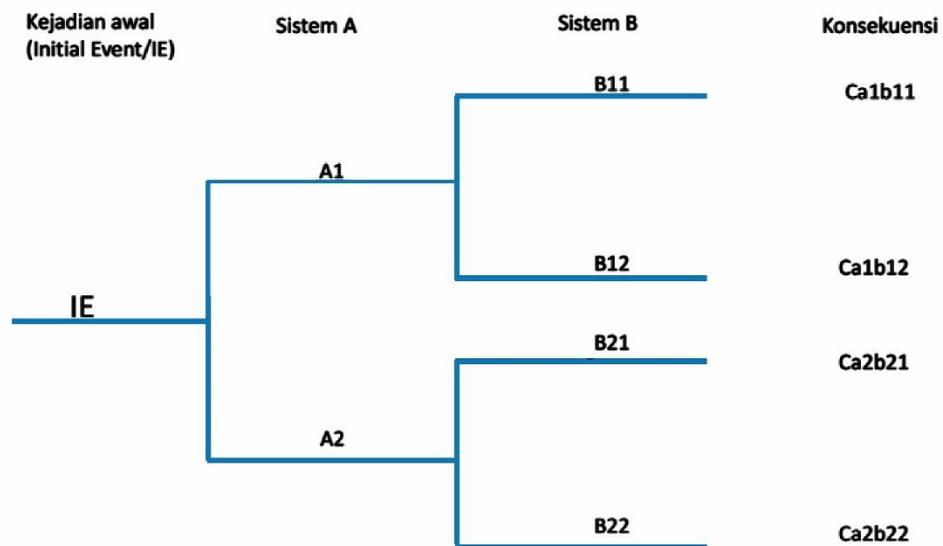
Teknik ekstrapolasi umumnya digunakan pada analisis risiko yang berkaitan dengan bencana alam seperti banjir atau cuaca ekstrim. Belakangan teknik ini juga banyak diadopsi untuk kasus-kasus risiko lainnya. Meski memiliki kelebihan karena penggunaannya relatif sederhana secara statistik, teknik ini juga cukup sensitif terhadap kesalahan (*error*). Kesalahan kecil pada data yang diekstrapolasi bisa menyebabkan kesalahan besar pada frekuensi ekstrapolasi untuk kejadian di masa mendatang. Teknik ini juga mengandalkan asumsi bahwa kejadian ekstrim disebabkan oleh mekanisme yang sama dari kejadian yang kurang ekstrim. Namun pada faktanya bisa saja kejadian ekstrim ini disebabkan oleh faktor yang berbeda dari kejadian normal.

### 3. *Even Tree Analysis*

Pendekatan *Even Tree Analysis* (ETA) merupakan salah satu pendekatan kuantitatif analisis risiko yang sudah berkembang cukup lama yakni sejak tahun 1970an. Pendekatan ini pertama kali dikenalkan pada kasus pembangkit nuklir di Amerika tahun 1974. Sejak itu pendekatan ETA berkembang cukup pesat di berbagai bidang dengan berbagai modifikasi dalam analisisnya termasuk penggunaan *fuzzy logic* untuk mengukur risiko dan ketidakpastian.

Pendekatan ini juga dikenal sebagai pendekatan induktif karena mengambil kesimpulan suatu risiko dari akibat, bukan dari penyebab timbulnya risiko. Pendekatan digunakan manakala kejadian yang menimbulkan bahaya atau risiko memiliki banyak kemungkinan, dan kejadian serupa belum pernah terjadi sebelumnya serta sulit untuk mengekstrapolasi dari kejadian yang kecil untuk menduga kejadian yang lebih besar.

Penggunaan teknik ETA melibatkan analisis secara sistematis berbagai kemungkinan kegagalan yang dapat dikombinasikan secara sekuen untuk melihat suatu kejadian. Sekuen kejadian ini kemudian diatur dengan menggunakan struktur logis berbentuk ranting pohon sehingga pendekatan ini dikenal dengan nama *event-tree analysis*. Gambar 7.2 menyajikan bentuk umum *event-tree analysis*.

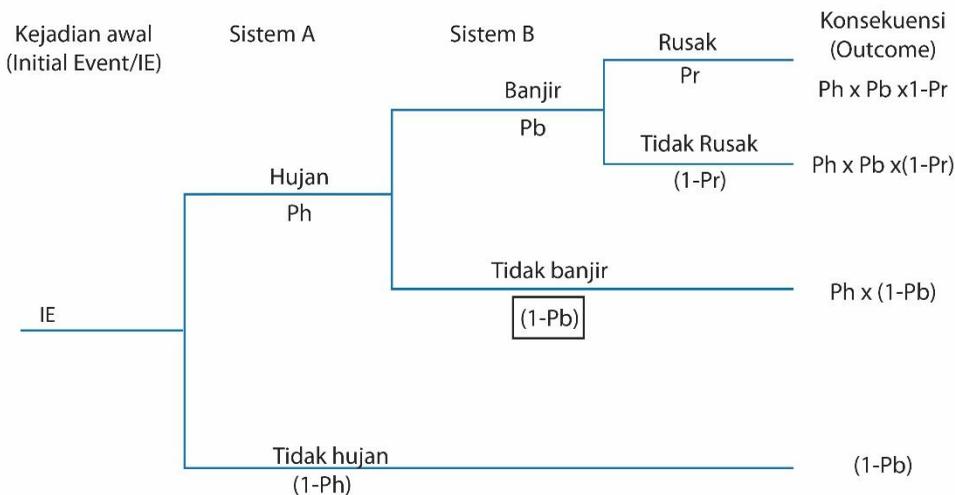


Gambar 7.2  
Bentuk Umum *Event-Tree Analysis* (ETA)

Sebagaimana terlihat pada Gambar 7.2 ETA dimulai dari kejadian awal atau *initial event* yang bisa menghasilkan berbagai kemungkinan pada rantai berikutnya. Pada Gambar 7.2 dicontohkan hanya ada dua cabang, misalnya besar atau kecil, atau gagal dan berhasil dan sebagainya. Sistem A misalnya bisa berupa ekosistem hutan atau

pesisir, sedangkan sistem B bisa lebih spesifik lagi seperti keanekaragaman hayati atau terumbu karang dan sebagainya.

Pembagian cabang risiko dalam ETA bisa juga dibagi dalam kategori sumber kejadian, bahaya (*hazard*), dan konsekuensi (Hackl, *et al.*, 2015). Ketiga kategori tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.3. Kategori sumber kejadian misalnya bisa berupa kejadian hujan dan tidak hujan, kategori bahaya (*hazard*) bisa berupa banjir dan tidak banjir, dan kategori konsekuensi bisa berupa rusak dan tidak rusak. Setiap cabang pada ETA memiliki peluang sehingga nilai akhir konsekuensi dihitung berdasarkan perkalian dari keseluruhan peluang.



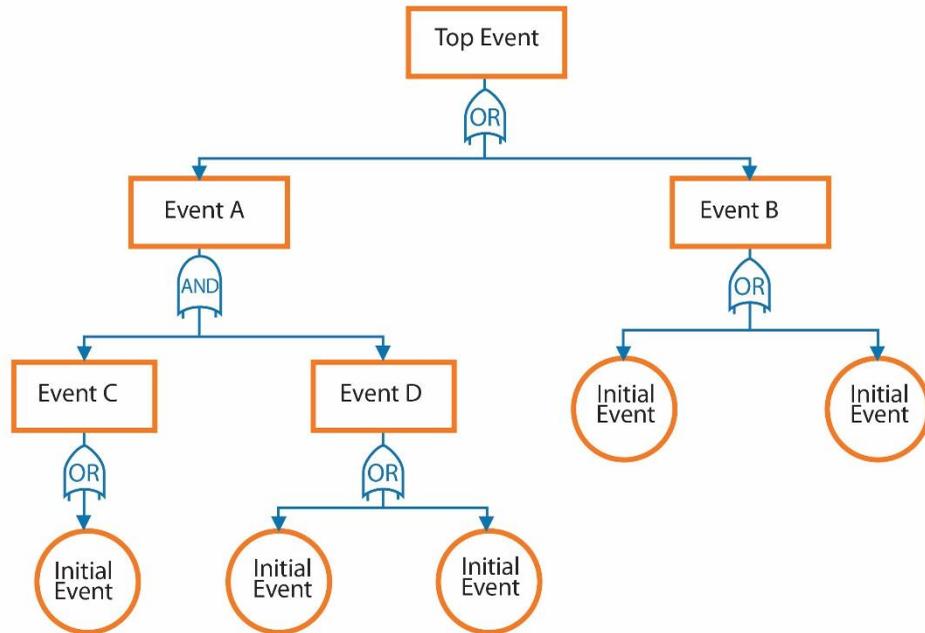
Gambar 7.3  
Bentuk Khusus ETA untuk Kasus Kerusakan Akibat Banjir

#### 4. *Fault-Tree Analysis*

*Fault-Tree Analysis (FTA)* pertama kali dikenalkan oleh Watson dan Mearns dari *Bell Laboratory* pada tahun 1961 untuk mengendalikan risiko kegagalan yang terjadi pada saat peluncuran roket (Tejaswi dan Samuel, 2017). Mekanisme kerja FTA adalah dengan cara mengonversi kegagalan perilaku suatu sistem fisik menjadi bentuk visual (dalam diagram logika). Meski awalnya banyak digunakan dalam bidang keteknikan, penggunaan FTA juga banyak ditemukan di bidang lingkungan seperti analisis risiko sistem air minum, kontaminasi dari kapal yang tenggelam atau pencemaran dari emisi (Tejaswi dan Samuel, 2017).

Prinsip mekanisme analisis risiko dengan *Fault-Tree Analysis (FTA)* secara umum hampir sama dengan *Even-Tree Analysis (ETA)*. Bedanya, jika ETA bekerja melalui mekanisme *forward* (ke depan), dalam FTA mekanismenya adalah kebalikannya yakni melalui *tracing* ke belakang (*backward*), yakni dimulai dari kejadian yang tidak diinginkan (*undesired event*), kemudian dirunut ke belakang melalui berbagai “jalur” untuk menentukan penyebab kejadian tersebut. Dengan kata

lain, jika ETA dilakukan melalui pendekatan induktif, maka FTA dilakukan melalui pendekatan deduktif.



Gambar 7.4  
Model Umum *Fault Tree Analysis* (FTA)

Gambar 7.4 menyajikan model umum atau model statistik FTA yang terdiri dari *event* (kejadian) dan kejadian awal (*initial event*). Setiap *event* atau kejadian ini dihubungkan oleh “*gate*” atau gerbang yang menandakan apakah kejadian tersebut berkaitan dengan satu kejadian “DAN” kejadian lainnya (*AND gate*) atau salah satu kejadian (*OR Gate*). Arti simbol dari bagan yang digunakan pada FTA bisa dilihat pada Gambar 7.5. Pada Gambar 7.4 misalnya *top event* terjadi dari salah satu *event* A atau B (*gate* OR), sementara *event* A sendiri terjadi akibat dari *event* C dan D bersamaan, dan seterusnya.

Simbol	Arti	Deskripsi
	Gate OR (atau)	Output Kejadian (event) Terjadi manakala paling tidak satu Input kejadian terjadi
	Gate AND (Dan)	Output Kejadian (event) Terjadi manakala Semua Input kejadian terjadi
	Event (Kejadian)	Menggambarkan Sistem atau sub-system Atau komponen kejadian (Event)
	Basic Event	Menggambarkan Kejadian primer (awal)

Gambar 7.5  
Simbol Dasar dalam Model FTA dan Artinya

Dengan menggunakan model dasar gerbang “AND” dan “OR”, maka peluang kegagalan (*failure*) dihitung dengan formula dasar berikut ini.

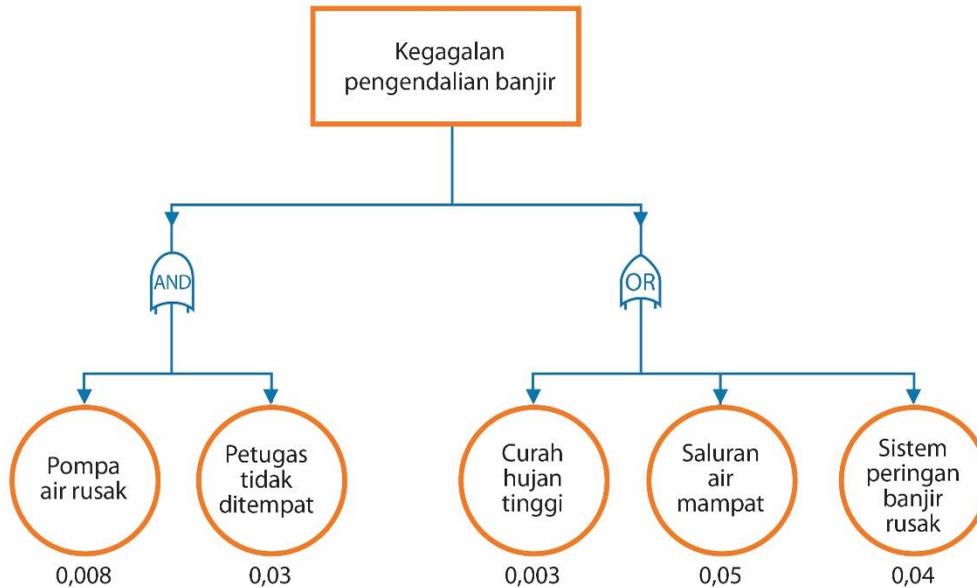
$$P_{(AND)} = \prod_{input_i}$$

$$P_{(OR)} = \prod(1 - P_{(input_i)})$$

sehingga nilai peluang kegagalan dari *top event* dapat dihitung dengan formula berikut:

$$P(T) = 1 - \prod_{j=1}^k (1 - P_j) \times \prod_i$$

Sebagai contoh, dimisalkan bahwa kegagalan pengendalian banjir kemungkinan disebabkan oleh berbagai faktor sebagaimana digambarkan pada Gambar 7.6 dengan masing-masing peluang di setiap *event*.



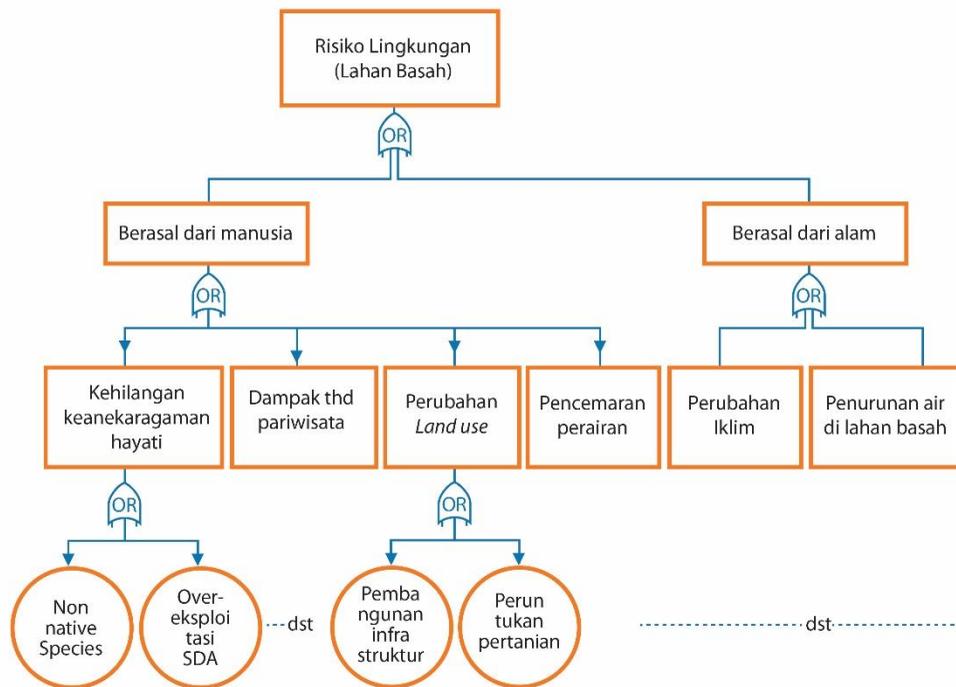
Gambar 7.6  
Ilustrasi Sederhana Penghitungan FTA

Contoh kasus di atas menggambarkan kegagalan dengan dua *gate* yakni AND dan OR. Oleh karena itu, penghitungan peluang untuk *top event* (kegagalan pencegahan banjir) adalah sebagai berikut:

$$P(T) = 1 - (0,08) \times (0,03) \times (1 - 0,003) \times (1 - 0,05) \times (1 - 0,04) = 9,07\%$$

Dengan kata lain, kegagalan pengendalian banjir adalah 9,07%. Kasus ini hanya sekedar contoh untuk memberikan penghitungan risiko melalui FTA. Berbagai kasus yang lebih kompleks tentu memerlukan kombinasi penghitungan yang lebih rinci dan biasanya dilakukan dengan menggunakan *software* tertentu.

Penggunaan FTA dalam analisis risiko lingkungan banyak ditemukan dalam berbagai kasus baik pada skala lokal (pencemaran oleh lokal, misalnya) atau skala ekosistem dan regional. Di bawah ini contoh dari Moqadam *et al.* (2015) tentang risiko lingkungan lahan basah (*wetland*) di Iran. Pada Gambar 7.7 hanya sebagian dari *basic event* atau *initial event* yang ditampilkan, sedangkan yang lebih rinci bisa dilihat di Moqadam *et al.* (2015). Pada contoh ini terlihat bahwa *gate* yang digunakan adalah *gate* OR dan penyebab risiko dibagi ke dalam dua hal yakni yang berasal dari kegiatan manusia atau yang berasal dari risiko alam.



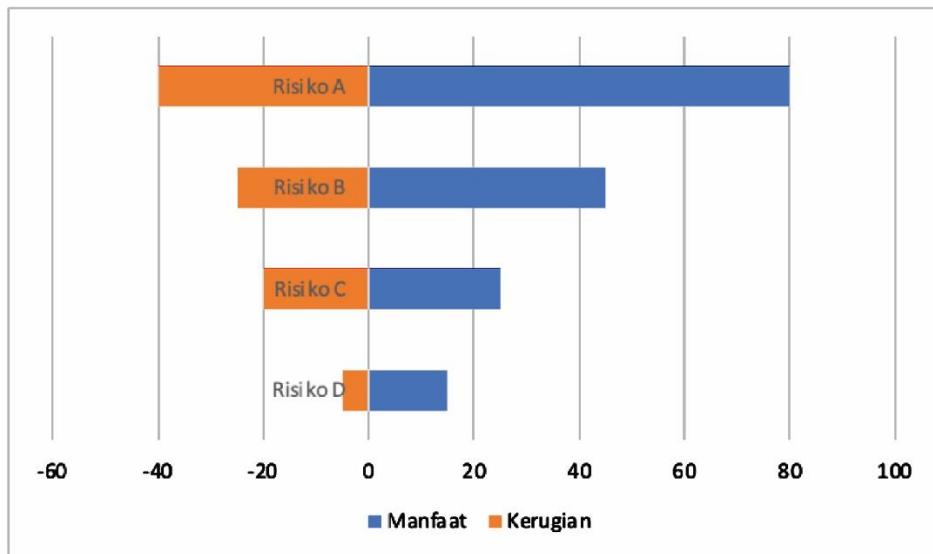
Sumber: Moqadam *et al.* (2015)

Gambar 7.7  
Model FTA untuk Kasus Risiko Lingkungan

Sebagaimana metode analisis risiko kuantitatif lainnya, metode FTA juga memiliki banyak kelebihan dan kekurangan. Penggunaan gambaran visual melalui diagram pohon seperti yang telah diuraikan di atas merupakan salah satu kelebihan dari metode ini karena gambaran visual akan mempermudah mempelajari kegagalan suatu sistem. Selain itu, FTA juga memberikan gambaran komponen kritis mana yang perlu menjadi perhatian sehingga analisis risiko menjadi lebih efisien. Namun demikian, pada model yang kompleks, jumlah “*gates*” dan *event* yang banyak akan menyulitkan dalam analisis. Selain itu, model ini juga tidak dapat mengakomodasi dimensi waktu dan jeda dari satu *event* ke *event* lainnya yang menyebabkan kegagalan. Kesalahan manusia (*human error*) juga menyebabkan terjadinya penilaian yang berlebih atau merendahkan risiko (*overvalue* dan *undervalue*) (Tejaswi dan Samuel, 2017). Terlepas dari kelebihan dan kekurangan, model FTA merupakan salah satu model analisis risiko yang sangat bermanfaat dalam membantu menganalisis risiko lingkungan dalam berbagai konteks.

Selain dari pendekatan-pendekatan kuantitatif yang telah dibahas di atas, beberapa pendekatan atau metode kuantitatif risiko lingkungan juga banyak ditemukan dalam berbagai literatur, diantaranya adalah melalui analisis sensitivitas seperti yang telah disinggung pada Modul 4. Analisis dapat dilakukan baik dengan pendekatan Monte Carlo maupun melalui analisis Tornado. Diagram Tornado, seperti digambarkan

dalam bentuk puting beliung, menggambarkan tingkat kepentingan berbagai komponen risiko. Komponen dengan risiko yang besar digambarkan dengan diagram batang yang lebih besar daripada komponen dengan risiko yang rendah. Gambar 7.8 berikut memberikan ilustrasi sederhana gambar Tornado. Dari Gambar 7.8, risiko A memiliki nilai sensitivitas yang tinggi karena perbedaan manfaat dan kerugian cukup besar (+80 dengan -40), dengan kata lain variasi manfaat dan kerugian sangat tinggi. Risiko D, meski memiliki variasi antara manfaat dan kerugian, namun dalam kisaran yang lebih kecil dari risiko lainnya. Dengan kata lain, derajat sensitivitas Risiko D lebih kecil dari A atau B dan C.



Gambar 7.8  
Ilustrasi Analisis Sensitivitas dengan Diagram Tornado

Saat ini beberapa perangkat lunak seperti XLSTAT, VOSE, DecidIT sudah memiliki fitur *sensitivity analysis* yang dapat menampilkan Tornado Diagram untuk analisis risiko.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan penggunaan pendekatan kualitatif dan pendekatan kuantitatif dalam analisis risiko. Cermati alasan-alasan penggunaan pendekatan tersebut dan pelajari hasil atau implikasi dari penggunaan kedua pendekatan tersebut!

### Petunjuk Jawaban Latihan

Pilih dari beberapa referensi yang ada dalam modul ini dan pelajari secara rinci beberapa pendekatan yang digunakan. Dari referensi awal ini, Anda bisa melacak referensi tambahan yang lebih rinci terkait dengan penggunaan salah satu pendekatan yang anda bisa rekonstruksi data dan analisisnya.



### Rangkuman

Analisis risiko lingkungan melibatkan berbagai aspek yang cukup kompleks. Oleh karenanya, analisis ini dilakukan baik melalui pendekatan kualitatif maupun pendekatan kuantitatif tergantung pada kebutuhan dan ketersediaan data dan informasi, serta ruang lingkup sistem lingkungan yang akan dianalisis. Pendekatan kualitatif banyak mengandalkan *subjective judgment*, sementara pendekatan kuantitatif lebih diarahkan pada analisis yang lebih obyektif, meski di dalamnya juga tidak terlepas dari aspek subyektif terkait dengan asumsi yang dibangun untuk melakukan analisis risiko. Setiap pendekatan memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung dari konteks risiko lingkungan yang dianalisis. Dengan demikian, pemilihan pendekatan yang digunakan akan menghadapi “*trade-off*” di antara kelebihan dan kekurangan tersebut. Dalam konteks yang lebih umum, kedua pendekatan bisa digunakan secara bersamaan, pendekatan kualitatif akan menjadi langkah awal dalam analisis, diikuti kemudian dengan analisis yang lebih rinci melalui pendekatan kuantitatif.



### Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan perbedaan-perbedaan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam analisis risiko!
- 2) Jelaskan kelompok-kelompok pendekatan kualitatif untuk analisis risiko!
- 3) Jelaskan tipe-tipe analisis kuantitatif untuk analisis risiko!
- 4) Jelaskan perbedaan mendasar antara *Even Tree Analysis* (ETA) dengan *Fault Tree Analysis* (FTA)!
- 5) Jelaskan perbedaan penghitungan peluang risiko antara *Gate AND* (dan) dan *GATE OR* (atau)!

## Pendekatan Alternatif: *Option Value*

Beberapa pendekatan analisis risiko yang telah kita bahas pada KB-1 merupakan pendekatan umum yang didasarkan pada “*event*” (kejadian) dan dampaknya terhadap suatu sistem yang dianalisis. Seiring perjalanan waktu, pendekatan analisis risiko juga mengalami perkembangan dengan berbagai macam variasi analisis dari yang sederhana sampai yang kompleks. Pada KB-2 ini, kita akan bahas salah satu variasi analisis risiko yang berbasis analisis biaya manfaat dan valuasi ekonomi dengan menggunakan konsep *Option Value* (nilai pilihan) dan *Option Price* (harga pilihan). Pada bagian A akan diperkenalkan prinsip dasar *Option Value* dan kaitannya dengan *20tatic20y to pay* dan risiko. Pada bagian B akan diperkenalkan contoh sederhana penggunaan *Option Value* dalam kegiatan ekonomi yang mengandung risiko. Pendekatan ini lebih banyak mengadopsi pendekatan Boardman *et al.* (2018) dan Fauzi (2014).

### A. TINJAUAN TENTANG *OPTION VALUE* DAN *OPTION PRICE*

Konsep *option value* atau nilai pilihan merupakan salah satu konsep dalam valuasi ekonomi sumber daya dan lingkungan. Di dalam konsep ini, secara implisit terkandung konotasi ketidakpastian dan risiko. *Option value* dapat diartikan sebagai jumlah atau nilai di mana seseorang sanggup membayar (*willing to pay*) sekarang untuk meyakinkan bahwa barang dan jasa masih tersedia di masa mendatang. Dari definisi di atas terlihat pula terlihat keterkaitan antarwaktu (*intertemporal*) saat ini dan nanti melalui kesanggupan membayar.

Konsep nilai pilihan, pertama kali diperkenalkan oleh Weisbrod (1964) dalam konteks analisis biaya manfaat dan digunakan dalam konteks penilaian ketika seseorang menghadapi ketidakpastian terkait dengan permintaan (*demand*) atau ketersediaan (*supply*) sumber daya di masa mendatang. Dengan demikian, dalam *option value*, eksistensi ketidakpastian dan risiko menjadi bagian yang tidak terpisahkan. Oleh karenanya, dalam perspektif analisis risiko, dengan menggunakan kerangka analisis biaya dan manfaat, *option value* dapat dijadikan sebagai pendekatan untuk mengukur seberapa besar seseorang mau menerima atau menghindari risiko atas suatu kegiatan atau kejadian (*event*).

Freeman (1993) lebih jauh menjelaskan keterkaitan antara *Option Value* (OV) ini dengan konteks risiko dan ketidakpastian melalui dua mekanisme. Pertama, keterkaitan risiko dan ketidakpastian dengan *option value* terjadi melalui transmisi ketidakpastian individu (*individual uncertainty*), yakni berkaitan dengan ketersediaan dan permintaan terhadap barang dan jasa yang dihasilkan oleh ekosistem. Misalnya saja, ketika suatu ekosistem mengalami kerusakan atau tercemar, maka individu tersebut mungkin akan mengalami ketidakpastian terkait persediaan air yang bersih atau udara yang segar. Selain itu, kerusakan lingkungan ini juga akan menimbulkan risiko bagi individu tersebut misalnya terserang penyakit atau risiko ekonomi berupa kerugian finansial. Dalam konteks ketidakpastian individu ini, *option value* merujuk pada nilai yang dihadapi oleh individu yang menghadapi ketidakpastian bagi ketersediaan sumber daya di masa mendatang.

Mekanisme keterkaitan yang kedua antara risiko dan ketidakpastian dengan *option value* adalah melalui ketidakpastian kebijakan (*policy uncertainty*). Akibat adanya kerusakan lingkungan yang menimbulkan risiko bagi publik, pengambil kebijakan akan menghadapi ketidakpastian apakah kebijakan yang diambil akan memberikan manfaat bagi publik atau sebaliknya menimbulkan biaya yang lebih besar. Ketidaktepatan informasi terkait dengan aliran barang dan jasa yang dihasilkan oleh ekosistem yang dipicu oleh kerusakan lingkungan menyebabkan penghitungan manfaat dan biaya lingkungan menjadi tidak lengkap atau tidak akurat. Ketidaktepatan penghitungan biaya dan manfaat yang ditimbulkan dari ketidaktepatan informasi ini kemudian bisa saja diatasi dengan mengulur waktu atau penundaan (*delay*) dalam mengambil keputusan. Nilai informasi yang diperoleh dari penundaan ini merupakan *option value*. Dalam terminologi analisis biaya manfaat lingkungan, konteks *option value* yang berkaitan dengan informasi dan kebijakan publik ini sering juga dikenal dengan *quasi-option value*.

Dalam implementasi analisis risiko berbasis biaya manfaat ini, penghitungan nilai pilihan tidak dapat dilakukan secara langsung karena adanya transmisi risiko melalui nilai manfaat dan biaya dari suatu kegiatan. Nilai manfaat dan biaya ini diukur melalui *option price* yang menggambarkan nilai atau harga dimana seseorang bersikap “*indifferent*” untuk menerima pilihan atau menolak pilihan. Jika dianalogikan, *option value* adalah nilai dari pilihan asuransi yang Anda pilih, maka *option price* menggambarkan “premi” asuransi yang Anda harus bayar. Dengan membayar premi tersebut, Anda pada posisi “*indifferent*” antara terjadi sesuatu yang tidak diinginkan dengan tidak terjadinya apa-apa.

Dari sisi perspektif ekonomi, Boardman *et al.* (2018) menyatakan bahwa *option price* ini berkaitan dengan *ex-ante willingness to pay* (*ex ante WTP*) dalam konteks risiko. Sebagaimana diketahui, jika kita membeli sesuatu yang harganya tersedia di pasar (misalnya makanan atau minuman) dan tidak melibatkan risiko di dalamnya, maka seberapa besar kita ingin membayar untuk barang tersebut menggambarkan *ex-post willingness to pay* (*ex-post WTP*). Namun jika melibatkan risiko, kita tidak memiliki

informasi terkait dengan harga yang pasti dan ada kemungkinan barang tersebut tidak tersedia. Oleh karena itu, keinginan membayar kita dalam hal ini digambarkan sebagai *ex-ante WTP*. Lebih jauh Boardman *et al.* (2018) mengatakan bahwa secara konseptual pengukuran yang tepat berkaitan dengan nilai dari manfaat yang diperoleh dari suatu kebijakan yang berkaitan dengan risiko adalah jumlah keseluruhan dari *ex-ante WTP* tersebut.

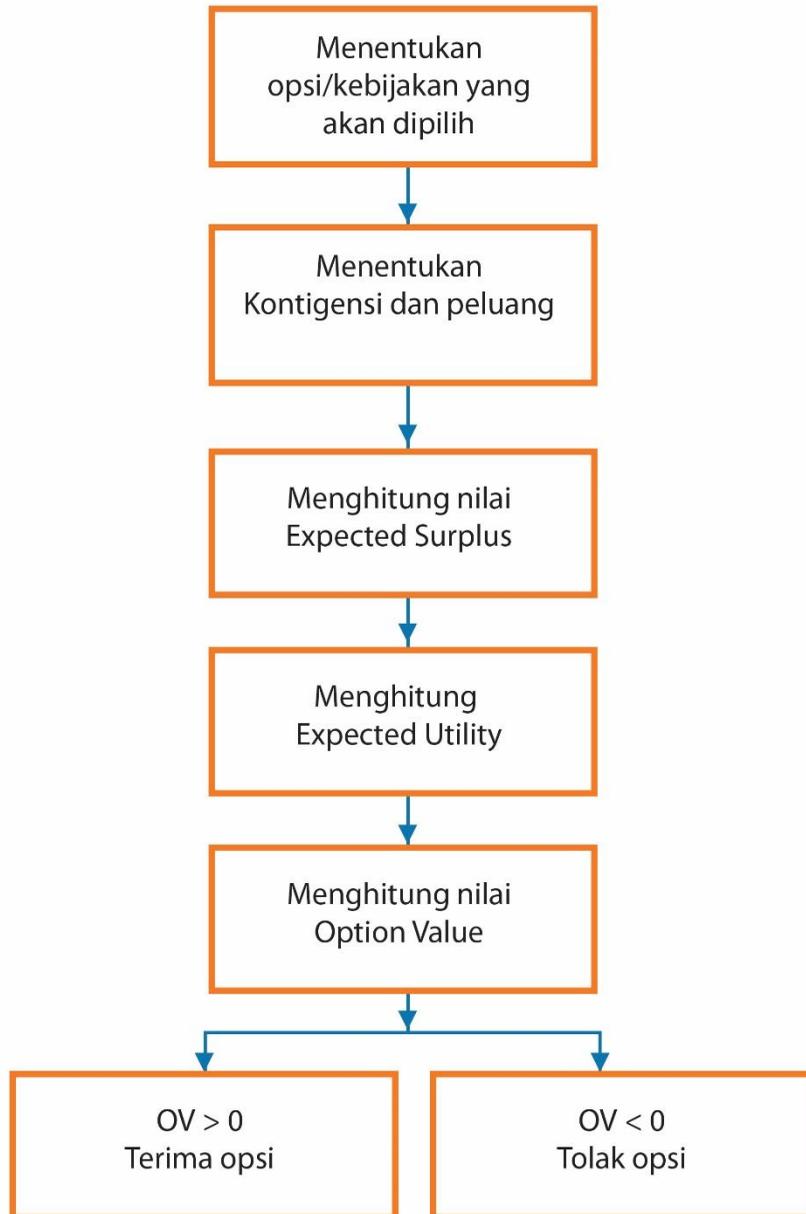
Secara lebih spesifik *ex-ante WTP* mencoba menjawab pertanyaan berikut: “Sebelum mengetahui kejadian atau kontingensi yang terjadi di masa mendatang, berapakah jumlah maksimum seseorang ingin membayar untuk memperoleh manfaat dari suatu kebijakan?”. Jawaban dari pertanyaan ini menggambarkan *ex-ante WTP* yang tidak lain adalah *option price*. Dengan menjumlahkan *option price* untuk setiap individu tersebut, maka akan diperoleh manfaat agregat yang menggambarkan apakah opsi kebijakan dapat diterima atau tidak. Oleh karenanya, dalam konteks analisis risiko, penghitungan *option value* akan melibatkan penghitungan *option price* di dalamnya.

Sebagaimana telah disampaikan pada KB-1, analisis risiko juga tergantung pada persepsi atau preferensi individu terhadap risiko. Dengan demikian, nilai *WTP* dari *option price* juga akan sangat tergantung pada penilaian subyektif individu terhadap opsi yang ditawarkan. Dalam konteks *option value* dan *option price*, persepsi ini diwakili oleh “*utility*” dari individu terhadap risiko. *Utility* sendiri adalah proxy yang digunakan untuk menggambarkan pengukuran 22 tatisti dari preferensi seseorang terhadap barang dan jasa, dan opsi yang ditawarkan. Oleh karena preferensi ini mengandung risiko, maka *utility* yang diukur adalah *utility* yang mengandung peluang yang disebut sebagai *expected utility* atau utilitas harapan. Mekanisme penghitungan *expected utility* yang lebih rinci akan disampaikan pada bagian B dalam contoh implementasi penghitungan *option value*.

Komponen lain yang juga penting dalam penghitungan *option value* adalah *social surplus* atau *expected surplus* dari suatu opsi kebijakan. *Expected surplus* menggambarkan surplus dari dua atau lebih alternatif kebijakan (misalnya antara reklamasi dengan tidak reklamasi) dikalikan dengan peluang dari setiap kontingensi atau *event* yang terjadi. Nilai *expected surplus* ini akan menjadi pengurang dari *option price* dalam penghitungan *option value*. Dengan kata lain, *option value* (OV) adalah *option price* (OP) dikurangi *expected surplus* (ES), atau ditulis sebagai berikut:

$$OV = OP - ES$$

Jika nilai OV adalah positif, maka pilihan kebijakan yang mengandung risiko di dalamnya dapat dijalankan. Sebaliknya, jika nilai OV negatif maka opsi kebijakan harus ditolak. Lebih rinci mengenai penghitungan ketiga komponen tersebut akan dijelaskan pada bagian berikut. Gambar 7.9 berikut menjelaskan tahapan dalam analisis risiko dengan menggunakan OV.



Gambar 7.9  
Tahapan dalam Analisis Risiko dengan Menggunakan *Option Value*

## B. APLIKASI ANALISIS RISIKO DENGAN *OPTION VALUE*

Untuk memberikan gambaran yang lebih konkrit mengenai analisis risiko dengan menggunakan *option value* dan *option price*, berikut ini disajikan ilustrasi kasus hipotetik yang diambil dari Fauzi (2014). Kasus ini menggambarkan pilihan atau opsi kebijakan lingkungan yang berkaitan dengan pengurangan risiko (*risk reducing project*). Artinya bahwa alternatif kebijakan yang ditawarkan akan mengurangi risiko

dibandingkan dengan kondisi eksisting atau tanpa adanya proyek atau intervensi kebijakan oleh pemerintah.

Dimisalkan bahwa suatu ekosistem yang berada di kawasan pesisir mengalami kerusakan akibat pencemaran dari hulu dan juga alih fungsi lahan untuk permukiman dengan penebangan hutan mangrove dan juga melakukan reklamasi. Pemerintah kemudian memutuskan apakah akan membiarkan ekosistem tersebut seperti apa adanya (tanpa intervensi) atau dilakukan program konservasi dengan penanaman mangrove dan melindungi flora dan fauna di kawasan tersebut. Ekosistem ini kemudian menjadi wilayah konservasi sehingga risiko banjir, maupun kerusakan lainnya bisa dihindari.

Dimisalkan pula bahwa *event* atau kontingensi yang dihadapi adalah adanya badai (*storm*) dan kondisi normal (*no storm*). Diasumsikan bahwa peluang kedua kontingensi tadi sama yakni 50:50 (mungkin asumsi ini kurang realistis, namun digunakan untuk memudahkan ilustrasi penghitungan yang relatif lebih mudah). Dimisalkan bahwa jika tidak terjadi badai atau cuaca buruk, pendapatan masyarakat pesisir sebesar Rp 120 ribu per minggu dengan adanya program konservasi (ikan yang tersedia lebih banyak), sedangkan pada kondisi *status quo* pendapatannya hanya Rp90 ribu per minggu. Sebaliknya, jika terjadi musim badai, dengan program konservasi, pendapatan masih bisa dihasilkan sebesar Rp 100 ribu (misalnya karena tercegah dari banjir), sedangkan pada kondisi *status quo*, pendapatan akan menurun sebesar Rp 40 ribu dari semula sebesar Rp 90 ribu. Tabel 7.3 memperlihatkan kemungkinan kejadian tersebut.

Tabel 7.3  
Tabel Kemungkinan Kejadian untuk Proyek yang Menurunkan Risiko

<b>Kemungkinan kejadian (<i>contingencies</i>)</b>	<b>Konservasi</b>	<b><i>Status quo</i></b>	<b>Peluang</b>
<i>No storm</i>	120	90	0,5
<i>storm</i>	100	40	0,5
<i>Expected Value (EV)</i>	110	65	
<i>Variance</i>	100	625	

Sumber: Fauzi (2014)

Dengan diketahui nilai *outcome* dari kedua opsi dan kemungkinan kejadiannya, maka nilai harapan (*expected value*) dari program konservasi dan *status quo* dapat dihitung yakni masing-masing sebesar 110 (hasil penghitungan  $0,5 \cdot 120 + 0,5 \cdot 100$ ) dan 65 (hasil penghitungan  $0,5 \cdot 90 + 0,5 \cdot 40$ ). Nilai harapan ini merupakan nilai rata-rata tertimbang dari setiap *outcome* antara dua kontingensi yang sering juga dikenal dengan nilai yang diantisipasi.

Tabel 7.3 juga memberikan informasi mengenai keragaman atau varian dari kedua opsi yang ada. Dari Tabel 7.3 terlihat bahwa tanpa intervensi pemerintah (*status quo*), keragaman pendapatan masyarakat pesisir sangat tinggi (625), sedangkan pada opsi intervensi hanya 100. Nilai keragaman ini menunjukkan bahwa program konservasi dapat mengurangi risiko dengan cara mengurangi keragaman pendapatan yang

diperoleh masyarakat. Besaran keragaman (*variance*) dari kedua kebijakan tersebut dapat dihitung dengan menggunakan nilai harapan sebagai *baseline* yakni  $0,5 \cdot (120 - 110)^2 + 0,5 \cdot (100 - 110)^2 = 100$  untuk program konservasi dan  $0,5 \cdot (90 - 65)^2 + 0,5 \cdot (40 - 65)^2 = 625$  untuk *status quo*. Nampak bahwa program konservasi memberikan keragaman yang lebih kecil dari pada *status quo*.

Setelah kita menentukan kontingensi dari dua alternatif ini, langkah berikutnya adalah menentukan *Expected Surplus* dari kedua opsi dengan kontingensi yang berbeda (*storm* dan *no storm*). Untuk menghitung nilai *expected surplus* (ES), terlebih dahulu harus dihitung besaran *surplus point* yakni selisih antara perubahan pendapatan dari dua kebijakan di atas (konservasi dan *status quo*). Dari Tabel 7.2 diketahui bahwa *surplus point* untuk kontingensi *no storm* (tidak ada badai) antara konservasi dan *status quo* adalah sebesar Rp 30 ribu (Rp 120 – Rp 90, satuan dalam ribu rupiah), sedangkan jika terjadi badai adalah sebesar Rp 60 ribu (Rp 100 – Rp 40). Nilai ini bisa diinterpretasikan bahwa masyarakat akan menerima pendapatan Rp 60 ribu dari program konservasi jika tidak terjadi badai, sedangkan jika terjadi badai hanya memperoleh Rp 30 ribu. Nilai *expected surplus* (ES) kemudian dapat dihitung dengan mengalikan nilai *surplus point* dari kedua kontingensi tadi dengan peluang antara kedua kontingensi, yakni  $ES = 0,5 \times 30 + 0,5 \times 60 = 45$  (ribu rupiah).

Sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya, penentuan *option value* ini akan tergantung dari persepsi subyektif dari masyarakat yang diukur melalui “utilitas” masyarakat. Dalam prakteknya, utilitas ini sulit diukur sehingga dalam analisis biaya manfaat, nilai *expected surplus* sering dijadikan patokan untuk menentukan keputusan proyek yang berkaitan dengan risiko. Dalam ilustrasi ini, *subjective preference* diperlukan untuk mengetahui apakah masyarakat bersikap menghindari risiko (*risk averse*) atau sebaliknya mengambil risiko (*risk taker*). Kedua karakteristik sikap ini dapat digambarkan melalui fungsi utilitas terhadap *outcome* dari proyek atau opsi yang ditawarkan. Jika kita mengasumsikan bahwa masyarakat cenderung menolak atau menghindari risiko, maka fungsi preferensi mereka dapat digambarkan melalui berbagai hubungan matematis, dan salah satu yang paling umum digunakan adalah fungsi logaritmik yakni  $U(x) = \ln x$ .

Dengan diketahuinya fungsi preferensi risiko ini, maka kita bisa melanjutkan ke tahap keempat dalam alur analisis pada Gambar 7.8 yakni menghitung *Expected Utility* (utilitas harapan) dalam kondisi *status quo*. Nilai ini kurang lebih memetakan persepsi risiko dari kondisi saat ini dalam dua situasi yang berbeda yakni ada badai dan tidak ada badai. Dengan menggunakan fungsi preferensi logaritmik di atas, nilai *expected utility* dari *status quo* adalah sebesar:

$$EU_{sq} = 0,5 \ln(90) + 0,5 \ln(40) = 4,09$$

Dengan diketahuinya nilai *expected utility* ini, nilai *option price* kemudian dapat dihitung dengan menyamakan nilai *expected utility* dari program konservasi setelah dikurangi *option price*, dengan *expected utility* pada kondisi *status quo*, atau

$$0,5 \ln(120 - OP) + 0,5 \ln(100 - OP) = E_{sq} = 4,09$$

Persamaan di atas kemudian dipecahkan untuk mencari nilai OP dengan penyederhanaan aljabar. Misalnya,

$$\ln(120 - OP) + \ln(100 - OP) = 4,09/0,5$$

Jika dimisalkan  $(120 - OP) = a$  dan  $(100 - OP) = b$ , maka persamaan di atas akan menjadi:

$$\ln(a) + \ln(b) = 8,18$$

Dari rumus aljabar kita tahu bahwa  $\ln a + \ln b = \ln (a \cdot b)$  sehingga dengan menyederhanakan melalui antilog, persamaan di atas dapat disederhanakan menjadi:

$$(120 - OP)(100 - OP) = \exp(8,18) = 3568,85$$

Persamaan di sebelah kiri merupakan persamaan kuadratik dan nilai OP dapat dipecahkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Hasil pemecahan persamaan kuadratik di atas menghasilkan nilai OP sebesar 49,17 (ribu rupiah). Dengan diketahuinya nilai *option price* ini, maka nilai pilihan (*option value*) kemudian dapat dihitung sebagai berikut:

$$OV = OP - ES = 49,17 - 45 = 4,17$$

Karena nilai OV positif dan  $OP > ES$ , maka program konservasi tersebut dapat diterima karena akan memberikan manfaat yang positif.

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, nilai OV positif atau 26tastiti akan sangat tergantung dari preferensi masyarakat (fungsi utilitas). Begitu juga dengan opsi atau pilihan kebijakan yang ditawarkan. Apakah akan menurunkan risiko (*risk decreasing project*) atau meningkatkan risiko (*risk increasing project*) akan bisa terbaca misalnya dari keragaman (*variance*) dari kedua opsi yang ditawarkan. Dengan demikian, penghitungan *option value* sebagai pendekatan analisis risiko akan memiliki hasil yang beragam karena asumsi preferensi yang beragam.

Boardman *et al.* (2018) menyatakan bahwa nilai *option price* dan *option value* sulit ditentukan langsung melalui observasi empiris sehingga pendekatan ini perlu juga didukung oleh pendekatan lain seperti valuasi ekonomi dan analisis biaya manfaat. Oleh karena pembahasan kedua topik tersebut di luar lingkup dari modul ini, pembaca yang tertarik mempelajari lebih dalam mengenai penggunaan *option price* dapat mengacu ke Boardman *et al.* (2018) atau referensi lainnya.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan *option price* dan *option value* dalam analisis risiko lingkungan dan cermati beberapa model preferensi yang digunakan.

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Boardman *et al.* (2018) menyajikan literatur review yang cukup komprehensif berkaitan dengan penggunaan *option value* dan *option price*. Pelajari literatur yang ada di dalam buku tersebut. Anda juga bisa mengacu ke Fauzi (2014) untuk memperdalam lebih rinci mengenai teknik penghitungan analisis risiko, baik untuk *risk-decreasing project* maupun *risk-increasing project*.



## Rangkuman

Pendekatan analisis risiko melalui *option price* dan *option value* merupakan salah satu alternatif pendekatan analisis risiko lingkungan yang berbasis pada analisis biaya manfaat. Penggunaan *option value* dalam analisis risiko didasarkan pada prinsip ketidakpastian yang dihadapi oleh individu terkait penyediaan dan permintaan akan barang dan jasa yang dihasilkan dari ekosistem di masa mendatang. Selain itu, juga terkait dengan ketidakpastian pilihan kebijakan yang harus dilakukan oleh pengambil kebijakan. *Option price* dan *option value* juga menggambarkan *ex-ante willingness to pay* dari individu dan masyarakat ketika dihadapkan pada ketidakpastian akan ketersediaan barang dan jasa di masa mendatang. Penghitungan risiko dalam *option value* dilakukan dengan melihat apakah selisih dari *option price* dengan *expected surplus* bersifat positif atau negatif. Nilai *option value* yang positif menunjukkan bahwa masyarakat menerima pilihan kebijakan yang menurunkan risiko, demikian sebaliknya. Nilai dari *option price* dan *option value* akan sangat tergantung pada asumsi preferensi masyarakat (fungsi utilitas) karena fungsi preferensi ini akan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dalam penghitungan *option price* yang secara implisit dihitung dari fungsi utilitas.



### Tes Formatif 2

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan yang dimaksud dengan *option value* dan kaitannya dengan risiko!
- 2) Jelaskan keterkaitan antara *option price* dengan *willingness to pay* dari individu atau masyarakat!
- 3) Jelaskan langkah-langkah analisis risiko dengan menggunakan *option value* dan *option price*!
- 4) Mengapa penghitungan nilai *option value* akan sangat tergantung dari fungsi utilitas masyarakat? Jelaskan!

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### Tes Formatif 1

1. Pendekatan kualitatif lebih menonjolkan *subjective judgement* sementara pendekatan kuantitatif dirancang untuk lebih obyektif. Perbedaan keduanya secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 7.1.
2. Kelompok pendekatan kualitatif
  - a. Teknik pengambilan keputusan analitik (*decision-analytic technique*) yang biasanya dilakukan oleh para pakar.
  - b. Pendekatan persepsi risiko (*risk perception approach*).
  - c. Pendekatan kehati-hatian (*precautionary approach*).
  - d. Pendekatan analisis kebijakan (*policy-analytic approach*).
3. Kelompok pendekatan kuantitatif
  - a. Analisis statistik dari kejadian masa lalu.
  - b. Teknik ekstrapolasi.
  - c. *Even tree analysis*.
  - d. *Fault tree analysis*.
4. Pendekatan ETA bersifat induktif sementara pendekatan FTA bersifat deduktif.
5. Perbedaan perhitungan antara Gate AND dan Gate OR.

$$P_{(AND)} = \prod_{input_i}$$
$$P_{(OR)} = \prod(1 - P_{(input_i)})$$

### Tes Formatif 2

1. *Option value* adalah jumlah atau nilai ketika seseorang sanggup membayar (*willing to pay*) sekarang untuk meyakinkan bahwa barang dan jasa masih tersedia di masa mendatang. Konsep ini berkaitan dengan risiko karena di dalamnya mengandung makna ketidakpastian akan ketersediaan barang dan jasa di masa mendatang.
2. *Option price* berkaitan dengan *ex-ante willingness to pay (ex ante WTP)* karena *option price* menjawab pertanyaan: “Sebelum mengetahui kejadian atau kontingensi yang terjadi di masa mendatang, berapakah jumlah maksimum seseorang ingin membayar untuk memperoleh manfaat dari suatu kebijakan?”.
3. Lihat Gambar 7.9.
4. Karena untuk menghitung nilai pilihan (*option value*) terlebih dahulu harus dihitung nilai *option price* yang dihitung berdasarkan preferensi yakni *expected utility*.

## Daftar Pustaka

- Ayyub, B. M. (2014). *Risk analysis in engineering and economics* (2<sup>nd</sup> ed.). Florida: CRC Press.
- Boardman, A., Greenberg, D., Vining, A., & Weimer, D. (2018). *Cost-benefit analysis: Concepts and practice*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Dash, S. N. (2015). *Qualitative vs quantitative risk analysis*. Available at <http://mpug.com>.
- Fauzi, A. (2014). *Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan sumber daya alam dan lingkungan*. Bogor: IPB Press.
- Freeman, A. M. III. (1993). Nonuse values in natural resource damage assessment. In R.J. Kopp & V.K. Smith (eds.), *Valuing natural assets: The economics of natural resource damage assessment*. Washington DC: Resource for the Future.
- Goncalves, V. B. (2013). The precautionary principle and environmental risk management: Contributions and limitation of economic models. *Ambiente & Sociedade*. Sao Paulo, Vol 16(4), 121-137.
- Hackl, J., Adey B. T., Heitzler, M., & Iosifescu-Enescu, I. (2015). An overarching risk assessment process to evaluate the risks associated with infrastructure networks due to natural hazards. *International Journal of Performability Engineering*, 11(2), 153-168.
- Moqadam, N. T., Malekmohammadi, B., & Salehi, E. (2015). An integration of fault tree analysis and environmental failure mode and effect analysis in risk assessment of wetland ecosystems: A case study of Anzali Wetland, Iran. *International Bulletin of Water Resource and Development*, Vol 2(5), 15-25.
- Nucpho, P., Nansaarn, S., & Pongpullponsak, A. (2014). *Risk assessment in the organization by using FMEA innovation: A literature review*. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Conference on Educational Reform (ICER 2014), Innovations and Good Practices in Education: Global Perspectives.
- Pyle, E., & Gough, J. D. (1991). *Nuchnvironmental risk assessment for New Zealand: A guide for decision makers*. New Zealand: Center for Resource Management. Lincoln University.

- Roszak, M., Spilka, M., & Kania, A. (2015). Environmental failure mode and effects analysis (FMEA) – A new approach to methodology. *METALURGIJA*, 54( 2), 449-451.
- Tejaswi. D., & Samuel, C. (2017). Techniques for environmental risk assessment: A review. *Rasayan J. Chem*, 10(2), 499 – 506.
- Vazdani, S., Sabzghabaei, G. R., Dashti, S., Cheraghi, M., Alizadeh, R., & Hemmati, A. (2017). FMEA techniques used in environmental risk assessment. *Environment & Ecosystem Science (EES)*, 1(2), 16-18 .
- Vesely, W. E. (1984.) Engineering risk analysis. In Ricci, P., Sagan, L. and Whipple, C. (Eds.), *Technological risk assessment*. Martinus Nijhoff Publisher. The Netherland
- Weisbrod. B. A. (1964). Collective consumption servics of individual consumption goods. *Quarterly Journal of Economics*, 77(3),71-77.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 08

# Analisis Kebijakan untuk Mengatasi Risiko Lingkungan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 08</b>	<b>8.1</b>
Analisis Kebijakan untuk Mengatasi Risiko Lingkungan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	8.4
Pendekatan Analisis Kebijakan Risiko Lingkungan melalui <i>Multi Criteria</i> Analisis	
<b>Latihan</b>	8.15
<b>Rangkuman</b>	8.15
<b>Tes Formatif 1</b>	8.16
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	8.18
Pendekatan Valuasi Ekonomi untuk Analisis Risiko Lingkungan	
<b>Latihan</b>	8.25
<b>Rangkuman</b>	8.25
<b>Tes Formatif 2</b>	8.26
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	8.27
<b>Daftar Pustaka</b>	8.29



## Pendahuluan

Sebagaimana telah dibahas pada modul-modul sebelumnya, kerusakan terhadap sumber daya alam dan lingkungan akan menimbulkan risiko terhadap publik berupa hilang atau berkurangnya layanan yang diberikan oleh ekosistem baik berupa barang maupun jasa lingkungan. Risiko terhadap publik ini akan menimbulkan dampak terhadap kesejahteraan baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang. Oleh karenanya, langkah-langkah kebijakan diperlukan untuk mengurangi atau menghilangkan dampak negatif yang ditimbulkan dari kerusakan tersebut. Dalam konteks analisis risiko lingkungan, kebijakan terhadap penurunan risiko ini merupakan bagian dari *environmental decision-making* yang meliputi berbagai spektrum analisis kebijakan, baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif, baik yang bersifat deterministik (tidak mengandung unsur ketidakpastian) maupun *stochastic* (mengandung unsur ketidakpastian).

Oleh karena luasnya spektrum analisis kebijakan tersebut, pada modul ini akan dibatasi pada beberapa teknik analisis kebijakan risiko lingkungan yang relatif banyak digunakan dan relatif mudah untuk diimplementasikan. Pada modul ini, juga dibatasi analisis kebijakan yang bersifat deterministik (tidak memasukkan aspek ketidakpastian dalam analisis kebijakan). Aspek ketidakpastian tersebut diakomodasi dalam bentuk pengembangan skenario dan dalam bentuk *sensitivity analysis* pada salah satu atau beberapa metode yang akan dibahas.

Modul ini akan memperkenalkan analisis pengambilan keputusan kebijakan mengatasi risiko lingkungan melalui pendekatan Multi Criteria Analysis (MCA), pendekatan valuasi ekonomi dan pengenalan ke analisis dinamik. Oleh karena kebutuhan pemahaman matematis pada pendekatan dinamis relatif tinggi, maka pendekatan dinamis pada modul ini akan dibatasi hanya pada prinsip-prinsip dasar pendekatan semata, tanpa harus secara rinci menyampaikan pendekatan matematika dinamis.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu untuk menyusun skenario kebijakan mengatasi risiko lingkungan melalui pendekatan multi kriteria dengan fokus pada hal berikut.

1. Penyusunan opsi kebijakan yang ditawarkan.
2. Penentuan kriteria atau indikator yang relevan.
3. Penentuan ranking terbaik dari opsi kebijakan yang dianalisis.
4. Prinsip-prinsip dasar valuasi ekonomi dalam analisis risiko.

# Pendekatan Analisis Kebijakan Risiko Lingkungan melalui *Multi Criteria* Analisis

Kegiatan Belajar

1

## A. TINJAUAN PENDEKATAN ANALISIS KEBIJAKAN

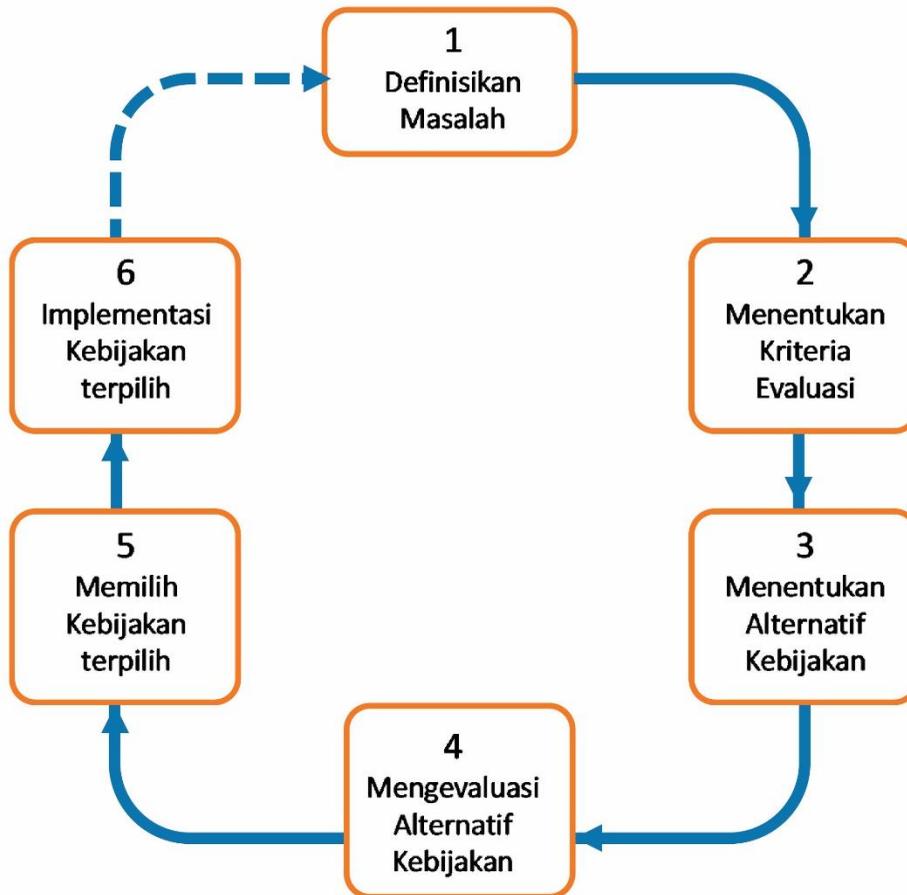
### 1. *Overview* Analisis kebijakan

Dalam percakapan sehari-hari, kita mungkin sudah sangat familier dengan istilah kebijakan, seperti kebijakan penerapan PSBB pada masa Covid-19, kebijakan makro ekonomi, kebijakan larangan impor, kebijakan larangan penggunaan kantong plastik dan lain sebagainya. Namun bagaimana kebijakan tersebut dirancang, dibuat, dievaluasi dan bagaimana dampaknya terhadap masyarakat, lingkungan atau ekosistem?. Pertanyaan-pertanyaan ini menjadi ranah yang kita kenal sebagai analisis kebijakan atau *policy analysis*. Untuk memahami analisis kebijakan dalam mengurangi risiko lingkungan, terlebih dahulu kita harus memahami konsep analisis kebijakan secara umum. Pada bagian ini akan kita *overview* dulu apa itu analisis kebijakan dan pendekatan apa saja yang dilakukan dalam analisis kebijakan. Sebelum menjelaskan apa itu analisis kebijakan, terlebih dahulu kita fahami apa yang dimaksud dengan kebijakan atau *policy*.

Kebijakan atau *policy* menurut definisi yang baku yang sudah diadopsi sejak tahun 1970an adalah “*purposive course of action followed by an actor or a set of actors* (suatu tindakan yang akan dilakukan yang memiliki tujuan diikuti oleh aktor atau sekelompok aktor) (Anderson, 1975, ETF, 2018). Anderson (1975) kemudian merinci lebih jauh bahwa kebijakan menyangkut proses dengan tahapan yang jelas dan berbeda (*distinctive*) dimana setiap tahapan akan menghasilkan tindakan ke tahapan berikutnya. Tahapan-tahapan ini ditujukan untuk menjawab suatu isu atau masalah secara sistematis, dengan mendefinisikan masalah, mencari solusi, mengimplementasikan solusi tersebut, serta mengevaluasinya (ETF, 2018).

Dari pengertian di atas, nampak bahwa kebijakan berorientasi proses, sehingga analisis kebijakan juga pada prinsipnya adalah berorientasi proses. Analisis kebijakan diartikan sebagai “proses penyelidikan yang sistematis terhadap implementasi dan dampak dari kebijakan eksisting (*ex-post*) dan opsi-opsi untuk kebijakan baru (*ex-ante*)” (Weimer dan Vining, 2017). Penyelidikan yang sistematis ini dikenal juga sebagai model rasional dalam analisis kebijakan dimana proses analisis kebijakan dilakukan melalui sekuen yang baku dari mulai penentuan masalah atau isu sampai

implementasi kebijakan yang dipilih. Gambar 8.1 berikut menyajikan model rasional dari analisis kebijakan.



Sumber: Patton et al. (2016)

Gambar 8.1  
Model Rasional Analisis Kebijakan

Dalam Gambar 8.1, model rasional analisis kebijakan digambarkan sebagai siklus dari pendefinisian masalah sampai ke implementasi. Hasil implementasi ini kemudian akan memberikan umpan balik (garis terputus-putus) terhadap masalah yang menjadi objek kajian. Dalam pelaksanaannya, implementasi siklus kebijakan tadi, dapat dilakukan baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif atau gabungan dari keduanya. Untuk tahapan 1 sampai 5 misalnya, pendekatan *Multi Criteria Analysis* (MCA) sering digunakan sebagai salah satu pendekatan gabungan (kuantitatif dan kualitatif) dari siklus rasional kebijakan di atas. Pendekatan ini akan dibahas lebih rinci pada bagian B modul ini.

Secara umum, pendekatan terhadap analisis kebijakan dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok yakni sebagaimana dirangkum dalam Tabel 8.1 (Serban, 2015).

1. Pendekatan *analycentric*. Pendekatan ini fokus ke masalah tertentu dan solusinya, sehingga lingkungannya bersifat mikro, dan interpretasi masalah bersifat teknis. Tujuan utama pendekatan *analycentric* adalah mengidentifikasi solusi yang paling efektif dan efisien terhadap suatu masalah, baik secara ekonomi maupun secara teknis, misalnya bagaimana mengalokasikan sumber daya finansial maupun non finansial untuk mengatasi risiko Covid-19.
2. Pendekatan *policy process* (proses kebijakan). Penekanan pendekatan ini adalah pada proses politik dan keterlibatan *stakeholder*. Lingkup dari pendekatan ini bersifat meso (pertengahan antara mikro dan makro) dan interpretasi masalah bersifat politis. Tujuan utama pendekatan ini adalah menentukan proses seperti apa dan dengan alat apa sehingga dapat membantu menjelaskan peran dan pengaruh *stakeholder* dalam proses kebijakan. Solusi dari masalah bisa saja diperoleh dengan mengubah kekuatan relatif dari *stakeholder* atau aktor (misalnya dengan konsultasi dan partisipasi publik).
3. Pendekatan *meta-policy*. Pendekatan ini adalah pendekatan sistem dan konteks dengan skala masalah yang sifatnya makro, dan interpretasi masalah yang sifatnya struktural. Tujuan utama dari pendekatan ini adalah menjelaskan konteks dan struktur dari proses kebijakan. Misalnya saja konteks sosial, ekonomi atau politik apa saja yang mempengaruhi proses kebijakan. Demikian juga masalah yang dikaji bisa saja dipengaruhi oleh sifat struktural dari suatu sistem, misalnya apakah sistem ekonomi yang dijalankan bersifat pasar bebas atau tertutup, apakah kelembagaan bersifat formal atau informal dan sebagainya.

Tabel 8.1  
Pendekatan Analisis Kebijakan

Pendekatan	Skala	Fokus	Tujuan
<i>Analycentric</i>	Mikro	Masalah spesifik (tertentu) yang bersifat teknis	Solusi yang efektif dan efisien
<i>Policy process</i>	Meso	Proses politik dan keterlibatan <i>stakeholder</i> dengan sifat masalah politis	Menentukan proses dan alat untuk menjelaskan peran dan pengaruh <i>stakeholder</i>
<i>Meta-policy</i>	Makro	Sistem dan konteks dengan interpretasi struktural	Menjelaskan konteks dan struktur dari proses kebijakan

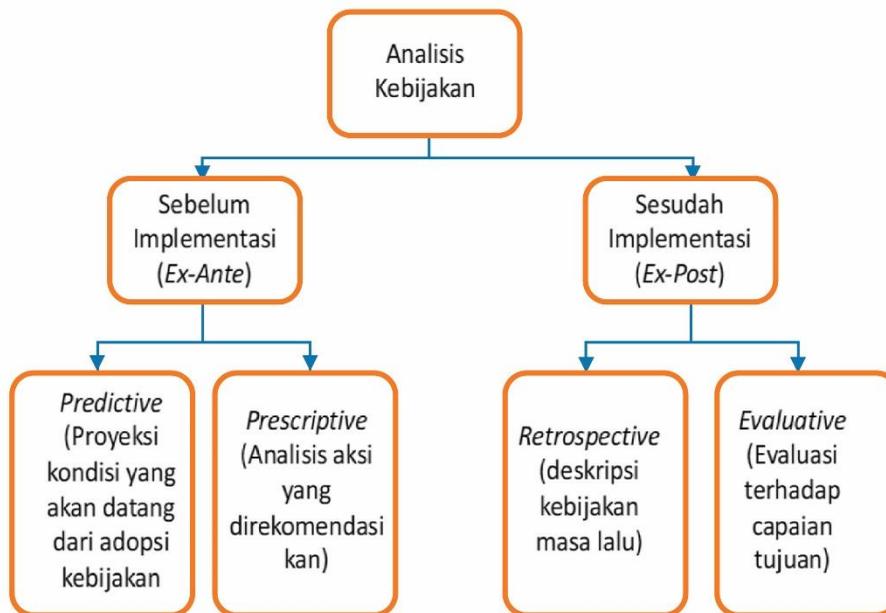
Sumber: Disarikan dari Serban (2015)

Pendekatan analisis kebijakan dalam prakteknya bisa dilakukan sebelum kebijakan diimplementasikan atau sesudah (Paton *et al.*, 2016). Analisis kebijakan yang dilakukan sebelum implementasi dikenal dengan *ex-ante policy analysis*, *pre-hoc policy analysis*, *anticipatory policy analysis*, atau *prospective policy analysis*. Fokus analisis kebijakan pada kelompok ini adalah pada berbagai kemungkinan *outcomes* dari kebijakan yang diusulkan. Dalam berbagai literatur, analisis kebijakan yang dilakukan sebelum kebijakan diimplementasikan sering juga dikelompokkan kedalam *predictive*

*policy analysis* dan *prescriptive policy analysis*. *Predictive analysis* menekankan pada proyeksi situasi ke depan (*outcome* atau keadaan) yang diakibatkan dari adopsi alternatif kebijakan yang dipilih. Sementara *prescriptive policy analysis* mengacu pada analisis kebijakan yang lebih menekankan pada rekomendasi tindakan yang akan melahirkan hasil tertentu.

Analisis kebijakan yang dilakukan setelah kebijakan dijalankan disebut *ex-post*, *post hoc* atau *retrospective policy analysis*. Sama halnya dengan *ex-ante analysis*, analisis kebijakan *ex-post* juga bisa dipecah lagi ke dalam dua kelompok yakni *retrospective* dan *evaluative*. Analisis yang bersifat *retrospective* menekankan pada deskripsi atau interpretasi dari apa yang telah terjadi di masa lalu atau menjawab “*what happened*”, sementara analisis yang bersifat *evaluative*, menekankan pada evaluasi apakah tujuan telah dicapai atau tidak. Misalnya saja, apakah penurunan emisi dengan target x ton CO<sup>2</sup> per tahun dicapai atau tidak, kalau tidak mengapa? Sementara analisis yang bersifat *retrospective* akan lebih memfokuskan pada pola emisi yang terjadi selama beberapa tahun sebelumnya dan dijadikan masukan untuk pengendalian emisi ke depan.

Klasifikasi analisis kebijakan berdasarkan *ex-ante* dan *ex-post* seperti yang dijelaskan di atas dapat lebih mudah dilihat pada Gambar 8.2 berikut ini.



Gambar 8.2  
Klasifikasi Analisis Kebijakan

Jika dicermati lebih jauh, nampak bahwa produk akhir dari analisis kebijakan adalah saran (*advice*) dari mulai yang sederhana sampai yang kompleks (Weimer dan Vining, 2017). Misalnya saja bahwa mencuci tangan dapat mengurangi risiko penularan

Covid-19. Atau yang lebih kompleks lagi bahwa kombinasi dari berbagai faktor seperti disiplin masyarakat, ketersediaan obat, imunitas tubuh dan faktor-faktor lainnya dapat mengurangi risiko penularan Covid-19. Perlu dicatat bahwa tidak semua saran adalah analisis kebijakan, sehingga dapat dikatakan bahwa berkaitan dengan saran, analisis kebijakan adalah saran yang berorientasi klien yang relevan dengan keputusan publik dan memiliki nilai sosial (Weimer dan Vining, 2017).

## 2. Analisis Kebijakan Risiko Lingkungan

Ada berbagai pendekatan dalam melakukan analisis kebijakan untuk mengatasi risiko lingkungan baik yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Secara umum pendekatan analisis kebijakan untuk mengatasi risiko lingkungan tersebut dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis pendekatan, yakni *Technical Risk Assessment* (TRA), *Decision Analytic Approach* (DAA) dan *Comparative Risk assessment* (Gough, 1997). Pendekatan TRA lebih memfokuskan pada pendekatan teknis dari risiko seperti pendekatan ETA atau FTA yang telah disinggung pada Modul 7. Pendekatan TRA umumnya digunakan untuk memahami secara rinci risiko yang ditimbulkan pada sistem yang informasinya kita miliki secara lengkap. Pendekatan ini memang tidak dirancang untuk kebijakan secara umum, namun input yang dihasilkan oleh pendekatan TRA bisa digunakan untuk pengambilan keputusan mengatasi risiko.

*Decision Analytic Approach* (DAA) merupakan pendekatan yang lebih luas yang bisa mengakomodasi aspek atribut atau indikator risiko di luar sistem seperti aspek budaya, sosial dan kelembagaan. Pendekatan ini menggabungkan pendekatan kuantitatif dan kualitatif seperti *subjective judgment* dari pengambil keputusan atau pakar. Dalam DAA, ada dua unsur penting yang menjadi fokus analisis yakni: a) identifikasi masalah dan opsi kebijakan yang akan diambil, dan b) penentuan preferensi atau opsi terbaik berdasarkan indikator atau kriteria yang telah ditentukan. Pendekatan DAA merupakan pendekatan yang diturunkan dari pendekatan klasik analisis keputusan seperti penggunaan *Multi Criteria Analysis* (MCA) atau *Multi Criteria Decision Making* (MCDM).

Pendekatan *Comparative Risk Assessment* (CRA) merupakan pendekatan yang didasarkan pada perbandingan risiko yang menggabungkan aspek teknis risiko dan aspek *judgment* pengambil keputusan. Analisis CRA menggunakan prinsip perankingan atau prioritas opsi kebijakan yang dapat digunakan untuk mengurangi risiko. Pendekatan ini banyak mengandalkan aspek kualitatif dengan informasi kuantitatif sebagai informasi pendukung. Pendekatan CRA juga umumnya digunakan pada skala yang lebih makro dimana pengambilan keputusan memerlukan *judgment* kualitatif untuk menentukan opsi pengurangan risiko. Pendekatan CRA juga dapat memanfaatkan prinsip-prinsip MCA dan MCDM seperti halnya pendekatan DAA. Tabel 8.2 berikut ini menyajikan ringkasan dari analisis kebijakan risiko lingkungan.

Tabel 8.2  
Perbandingan Analisis Kebijakan Risiko Lingkungan

Komponen	TRA	DAA	CRA
Fokus Analisis	Aspek teknis dari risiko	Memahami risiko secara lebih luas termasuk aspek eskternal	Membandingkan aspek teknis risiko dengan <i>judgement</i> pengambil keputusan
Penggunaan	Analisis risiko dengan informasi yang dimiliki	Mendukung sistem pengambilan keputusan yang kompleks dengan MCA	Skala makro dengan judgement kualitatif melalui MCA

Karena pendekatan DAA dan CRA relatif saling terkait satu sama lain melalui instrumen *Multi Criteria Analysis*, maka pada modul ini analisis kebijakan akan lebih diarahkan pada kedua pendekatan di atas dengan memanfaatkan prinsip-prinsip analisis multi kriteria.

Pendekatan analisis kebijakan dengan pendekatan multi kriteria adalah pendekatan yang didasarkan pada pengambilan keputusan atau pilihan terbaik di antara berbagai pilihan lain yang terbatas (untuk membedakan dengan pilihan yang tidak terbatas atau *infinite*), dengan mempertimbangkan kriteria yang majemuk. Di antara kriteria-kriteria yang menjadi ukuran pilihan, sebagian dari kriteria mungkin bertentangan satu sama lain. Disinilah peran utama dalam analisis kriteria untuk melakukan analisis obyektif di antara berbagai kepentingan yang diwakili oleh kriteria yang digunakan (Roszkowska, 2011).

Analisis kebijakan dengan menggunakan multi kriteria melibatkan beberapa tahapan utama.

- Menentukan kriteria evaluasi yang berkaitan dengan sistem yang akan dianalisis.
- Mengembangkan alternatif pilihan atau opsi untuk mencapai tujuan yang diinginkan.
- Mengevaluasi alternatif-alternatif tersebut dengan kriteria yang digunakan.
- Gunakan salah satu pendekatan metode analisis multi kriteria.
- Pilih alternatif terbaik (*preferred*).
- Jika solusi akhir tidak bisa diterima, kumpulkan informasi baru dan lakukan iterasi ulang seperti tahapan yang telah disebutkan di atas.

Tahapan-tahapan tersebut di atas akan dijelaskan baik secara implisit maupun eksplisit pada bagian berikut melalui salah satu metode multi kriteria yakni TOPSIS.

## B. PENDEKATAN MULTI KRITERIA MELALUI TOPSIS

### 1. Prinsip-Prinsip TOPSIS

Sebagaimana disampaikan pada bagian A di atas, pendekatan multi kriteria merupakan pendekatan yang paling sederhana dan umum digunakan dalam analisis risiko lingkungan. Pendekatan ini selain digunakan untuk menentukan opsi atau pilihan terbaik juga bisa mengakomodasi aspek kualitatif dan kuantitatif dari kriteria risiko lingkungan. Pada bagian ini akan diperkenalkan salah satu pendekatan multi kriteria sederhana untuk analisis kebijakan pengurangan risiko lingkungan yaitu TOPSIS.

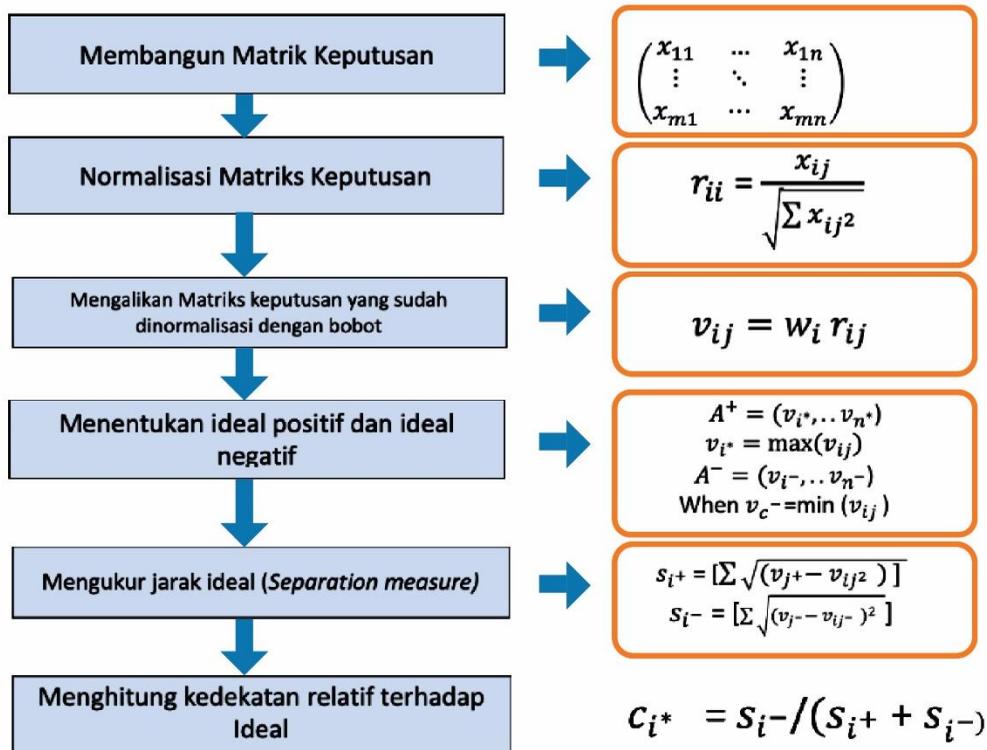
TOPSIS merupakan singkatan dari *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Situation*. Teknik ini merupakan salah satu teknik multi kriteria yang dikembangkan oleh Hwang dan Yoon pada tahun 1981. TOPSIS menggunakan prinsip jarak *Euclidian* di mana alternatif terbaik atau opsi terbaik memiliki jarak geometrik terdekat dengan solusi ideal positif dan jarak geometrik terjauh terhadap solusi ideal negatif. Pemilihan pilihan terbaik ini didasarkan informasi numerik dari sistem yang dievaluasi dan bobot subyektif dari kriteria yang ada. Tujuan dari TOPSIS adalah melakukan evaluasi, memilih dan mengurutkan alternatif yang dipilih berdasarkan hasil evaluasi tersebut.

Setiap metode multi kriteria tentu memiliki kelebihan dan kekurangan. Dalam konteks analisis risiko lingkungan, TOPSIS telah banyak digunakan dalam berbagai konteks (Jozi *et al.*, 2011; Jozi dan Saffarian, 2011; Suder dan Kahraman, 2015; Zhang *et al.*, 2013). Sejumlah alasan penggunaan TOPSIS di antaranya adalah sederhana, namun cukup komprehensif, intuitif dan logis, serta mudah dalam penghitungan.

Analisis multi kriteria dengan TOPSIS dimulai dengan membangun matriks keputusan yang berisi alternatif-alternatif kebijakan atau pilihan lainnya dengan kriteria yang sesuai. Kriteria-kriteria ini bisa mencakup berbagai aspek seperti kriteria biofisik lingkungan, ekonomi, kesehatan, sosial dan lain sebagainya. Selain itu, setiap kriteria memiliki indikasi apakah merupakan *beneficial criteria*, *good criteria*, atau *cost (bad criteria)*. Kriteria baik (*good criteria*) ditunjukkan dengan indikasi bahwa semakin tinggi nilainya maka semakin baik. Kriteria ini dalam TOPSIS ditunjukkan dengan indikasi “max” atau maksimum. Kriteria negatif (*bad criteria*), yaitu semakin kecil nilainya maka semakin baik, diindikasikan dengan “min” atau minimum. Jika dalam satu matriks keputusan terdapat kedua jenis kriteria baik dan buruk tersebut, maka data dalam matriks tersebut harus dimodifikasi supaya data tersebut memiliki arah yang sama (monotonik) dengan cara memodifikasi data “*bad criteria*”.

Ketika kriteria-kriteria yang digunakan memiliki ukuran yang berbeda-beda, maka perlu dilakukan normalisasi atau standarisasi data agar bisa diperbandingkan satu dengan yang lainnya. Jadi jika matriks keputusan berisi berbagai ukuran kriteria dengan berbagai satuan seperti jumlah orang, rupiah, satuan luas, satuan volume atau satuan lainnya yang sangat beragam, maka data-data tersebut harus dinormalisasi atau distandarisasi terlebih dulu. Matriks keputusan yang sudah dinormalisasi ini kemudian

dikalikan dengan bobot untuk setiap kriteria. Langkah berikutnya adalah menentukan *ideal positive* dan *ideal negative*, yang kemudian digunakan untuk menentukan jarak terjauh dan terdekat sehingga menghasilkan ranking atau urutan prioritas. Langkah-langkah tahapan analisis TOPSIS tersebut beserta formula matematisnya dapat dilihat pada Gambar 8.3.



Gambar 8.3  
Langkah-Langkah TOPSIS dan Formula Matematikanya

## 2. Contoh Aplikasi Analisis Risiko dengan TOPSIS

Untuk memberi pemahaman tentang analisis kebijakan terkait risiko lingkungan dengan pendekatan TOPSIS, pada bagian ini akan disajikan ilustrasi kasus yang dimodifikasi dari berbagai kasus lingkungan dari Linkov dan Moberg dengan beberapa penyederhanaan. Tujuan ilustrasi kasus ini adalah untuk memberikan gambaran mekanisme analisis risiko dengan TOPSIS melalui tahapan penghitungan manual. Hasil dari penghitungan manual ini bisa dicek dengan berbagai *software* TOPSIS yang bisa diunduh dari berbagai sumber, dan pastinya akan menghasilkan hasil yang sama.

Sebagai ilustrasi kasus, dimisalkan suatu ekosistem danau mengalami pencemaran sehingga menyebabkan turunnya populasi ikan, penurunan kualitas air sebagai sumber bahan baku air minum, dan penurunan nilai rekreasi. Selain dari kriteria biofisik danau tersebut, danau juga dimanfaatkan oleh masyarakat untuk budidaya ikan sehingga pencemaran ekosistem danau akan menurunkan pendapatan masyarakat

pembudidaya. Kriteria ekonomi lainnya adalah adanya biaya yang harus dikeluarkan untuk setiap intervensi kebijakan.

Dimisalkan pula ada tiga pilihan intervensi yang bisa dilakukan oleh pemerintah. Pertama, sebagaimana model Linkov dan Moberg, adalah “*do nothing*” atau pemerintah tidak memberikan intervensi yang mengubah secara drastis kondisi danau walau pemerintah tetap mengeluarkan biaya operasional. Kedua, pemerintah melakukan restorasi atau perbaikan ekosistem. Ketiga, pemerintah menerapkan kebijakan moratorium terhadap ekosistem danau untuk menekan risiko. Dengan demikian, ada tiga alternatif kebijakan dengan lima kriteria. Tabel 8.3 menyajikan kriteria dan unit pengukuran.

Tabel 8.3  
Kriteria, Jenis, dan Pengukuran

Kriteria	Deskripsi kriteria	Jenis data	Pengukuran	Arah kriteria
C1	Penurunan populasi ikan	Kuantitatif	% penurunan dari baseline	Min
C2	Kualitas air	Kualitatif	1= sangat buruk sd 5= sangat baik	Max
C3	Nilai rekreasi	Kualitatif	1=sangat buruk sd 5=sangat baik	Max
C4	Pendapatan	Kuantitatif	Dalam Rp juta	Max
C5	Biaya kebijakan	Kuantitatif	Dalam Rp milyar	Min

Sebagaimana telah dijelaskan di atas, opsi atau alternatif kebijakan penurunan risiko adalah:

A1 = tidak melakukan tindakan yang berimplikasi signifikan (*do nothing*).

A2 = melakukan restorasi untuk memulihkan ekosistem.

A3 = melakukan moratorium semua kegiatan pemanfaatan danau

Tabel 8.4 menyajikan matriks keputusan antara kriteria dan opsi kebijakan. Dalam ilustrasi sederhana ini, kita gunakan bobot yang sama untuk masing-masing kriteria yakni sebesar 20% dan jumlah seluruh bobot untuk semua kriteria harus 100%.

Tabel 8.4  
Matrik Keputusan Ilustrasi Kerusakan Lingkungan

Ops	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,5	2	1	2	1
A2	0,3	3	4	4	4
A3	0,1	5	2	1	2
Bobot	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Kriteria pada kolom 2 yakni C1 dan kolom 6 yakni C5 pada Tabel 8.4 merupakan “*bad indicator*” sehingga nilainya harus diminimumkan sebagaimana dijelaskan pada Tabel 8.3. Untuk bisa dianalisis dengan TOPSIS, data pada C1 dan C5 harus ditransformasi dulu dengan cara mengurangkan nilai pada setiap opsi dengan nilai maksimum pada kriteria tersebut. Pada kriteria C1, nilai maksimum adalah 0,5 sehingga nilai modifikasi untuk C1 pada A1 adalah  $0,5 - 0,5 = 0$ . Sedangkan untuk C1 pada A2 adalah  $0,5 - 0,3 = 0,2$  dan untuk C1 pada A3 adalah  $0,5 - 0,1 = 0,4$ . Proses yang sama dilakukan pada kriteria C5 sehingga menghasilkan tabel modifikasi input matriks keputusan pada Tabel 8.5.

Tabel 8.5  
Modifikasi Tabel Input Matriks Keputusan

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0	2	1	2	3
A2	0,2	3	4	4	0
A3	0,4	5	2	1	2
Bobot	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Langkah selanjutnya dari analisis TOPSIS kasus di atas adalah melakukan normalisasi data dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\eta_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum(x_{ij})^2}}$$

dimana  $\eta_{ij}$  adalah nilai yang dinormalisasi untuk kriteria ke- $i$  dan alternatif ke- $j$ ; dan  $x_{ij}$  adalah nilai data awal (*raw data*) sebelum dinormalisasi untuk kriteria ke- $i$  dan alternatif ke- $j$  sebagaimana tertera pada Tabel 8.4. Sebagai contoh untuk kolom C1 dan A2 pada Tabel 8.5 (kriteria 1 untuk alternatif 2) dihitung dengan formula berikut:

$$\eta_{1,2} = 0,2 / \sqrt{(0)^2 + (0,2)^2 + (0,4)^2} = 0,4472$$

Demikian seterusnya untuk setiap sel lainnya sehingga akan menghasilkan tabel input yang sudah dinormalisasi (distandarisasi) sebagai berikut:

Tabel 8.6  
Normalisasi Data Input TOPSIS

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,000000	0,324443	0,218218	0,436436	0,832050
A2	0,447214	0,486664	0,872872	0,872872	0,000000
A3	0,894427	0,811107	0,436436	0,218218	0,554700

Setelah data input dinormalisasi, maka dilanjutkan dengan langkah ketiga pada Gambar 8.3 yakni mengalikan data input yang telah dinormalisasi (Tabel 8.6) dengan bobot untuk setiap kriteria (dalam hal ini diasumsikan masing-masing sebesar 20% atau 0,2) sehingga menghasilkan nilai seperti pada Tabel 8.7.

Tabel 8.7  
Matriks Input Normalisasi yang Terbobot (*Weighted Normalized Matrix*)

	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0,0000	0,0649	0,0436	0,0873	0,1664
A2	0,0894	0,0973	0,1746	0,1746	0,0000
A3	0,1789	0,1622	0,0873	0,0436	0,1109
Ideal	0,1789	0,1622	0,1746	0,1746	0,1664
Basal	0,0000	0,0649	0,0436	0,0436	0,0000

Tabel 8.7 juga menyajikan baris “*ideal*” dan “*basal*” yang merupakan penghitungan langkah keempat pada Gambar 8.3. Nilai “*ideal*” merupakan nilai maksimum dari setiap kolom kriteria. Pada kolom C1, misalnya, nilai tertinggi adalah 0,1789 yang merupakan nilai “*ideal*”. Demikian juga untuk C2 yakni 0,1622 dan seterusnya. Nilai “*basal*” merupakan nilai ideal negatif yakni nilai minimum yang ada untuk setiap kriteria. Pada Tabel 8.7 nilai minimum pada kriteria C1 adalah 0,0000 dan pada C2 adalah 0,0649, demikian seterusnya. Nilai ini akan digunakan untuk menghitung langkah ke-5 yakni mengukur jarak ideal positif dan negatif atau *separation measures*. Hasil akhir pengukuran jarak ideal positif ( $S_i^+$ ), jarak ideal negatif ( $S_i^-$ ) dan *closeness* ( $C^*$ ) beserta *ranking* atau urutan alternatif disajikan pada Tabel 8.8.

Tabel 8.8  
Penentuan Jarak Ideal, *Closeness*, dan *Ranking* Pilihan

	$S_i^+$	$S_i^-$	$C^*$	Rank
A1	0,2574	0,1720	0,4006	3
A2	0,1998	0,2082	0,5103	2
A3	0,1668	0,2360	0,5858	1

Pada Tabel 8.8, nilai  $S_i^+$  untuk alternatif 1 (A1) dihitung berdasarkan data pada Tabel 8.7 dengan nilai ideal sebagai basis (pengurang). Jadi nilai  $S_i^+$  pada A1 diperoleh sebesar 0,2574 dengan menggunakan rumus berikut:

$$\begin{aligned}
 S_{i^+}(A1) &= \sqrt{(0,000 - 0,1789)^2 + (0,0649 - 0,1622)^2 + (0,0436 - 0,1746)^2 + (0,0873 - 0,1746)^2 + (0,1664 - 0,1664)^2} \\
 &= 0,2574
 \end{aligned}$$

Demikian seterusnya untuk nilai  $S_i^+$  pada A2 dan A3. Sementara itu, penghitungan nilai  $S_i^-$  pada prinsipnya sama dengan  $S_i^+$ , hanya saja penghitungan  $S_i^-$  menggunakan nilai basal atau ideal negatif sebagai basis pengurang. Sebagai contoh, nilai  $S_i^-$  untuk A1 dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 S_i^-(A1) &= \sqrt{(0.000 - 0.000)^2 + (0.0649 - 0.0649)^2 + (0.0436 - 0.0436)^2 + (0.0873 - 0.0436)^2 + (0.1664 - 0.000)^2} \\
 &= 0.1720
 \end{aligned}$$

Langkah terakhir dari analisis TOPSIS adalah menghitung *closeness* atau kedekatan yang merupakan rasio antara  $S_i^+$  terhadap total  $S_i^+$  dan  $S_i^-$ . Sebagai contoh, nilai *closeness* untuk alternatif 1 adalah sebesar:

$$C_1^* = \frac{0.1720}{(0.2574 + 0.1720)} = 0.4006$$

Demikian seterusnya untuk alternatif A2 dan A3. Hasil penilaian akhir berupa perankingan adalah mengurut nilai tertinggi ke terendah dari hasil *close*s. Dalam ilustrasi ini, pilihan terbaik adalah melakukan moratorium, sedangkan pilihan kedua adalah dengan restorasi. Hasil ini tentu hanya ilustrasi saja karena hasil akhir akan sangat tergantung dari data riil yang tersedia. Pada kasus yang berbeda, mungkin akan menghasilkan perankingan yang berbeda. Kasus yang disajikan pada ilustrasi ini menggunakan data hipotetik dengan tujuan untuk memberikan gambaran tata cara penggunaan analisis multi kriteria, khususnya dengan TOPSIS dalam kasus kebijakan pengurangan risiko lingkungan.



### Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan penggunaan multi kriteria TOPSIS dalam konteks risiko lingkungan dan rekonstruksi data pada literatur tersebut!

#### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Telusuri beberapa daftar pustaka yang ada pada modul ini. Di dalamnya terdapat beberapa kasus risiko lingkungan, kemudian rekonstruksi dengan menggunakan metode seperti dijelaskan pada KB-1 ini.



### Rangkuman

Penggunaan teknik multi kriteria dalam analisis kebijakan untuk mengurangi risiko lingkungan merupakan salah satu metode yang relatif populer karena relatif lebih mudah dikerjakan dengan ketersediaan data kualitatif dan kuantitatif yang ada. Selain

itu, penggunaan multi kriteria juga mampu menjembatani kompleksitas risiko lingkungan dengan kebutuhan pengambilan keputusan dalam mengurangi risiko lingkungan. Metode TOPSIS merupakan salah satu metode multi kriteria yang relatif lebih mudah dikerjakan secara manual dengan program seperti Excell yang umumnya tersedia pada hampir semua komputer personal. Meskipun demikian, TOPSIS cukup komprehensif untuk menganalisis pilihan kebijakan penurunan risiko lingkungan dengan mengkomodasi berbagai kriteria positif dan kriteria negatif.



### Tes Formatif 1

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan pendekatan analisis kebijakan menurut Serban (2015)!
- 2) Jelaskan tiga pendekatan analisis kebijakan dalam mengurangi risiko lingkungan!
- 3) Jelaskan tahapan-tahapan dalam analisis multi kriteria dalam penurunan risiko lingkungan!
- 4) Jelaskan langkah-langkah penggunaan TOPSIS untuk penentuan alternatif terbaik dalam mengurangi risiko lingkungan!
- 5) Dimisalkan suatu kawasan pesisir mengalami dampak dari tumpahan minyak. Alternatif pilihan pembersihan adalah melalui intervensi fisik (A1) dengan peralatan berat, intervensi kimiawi dengan penggunaan zat-zat kimia (A2) dan membiarkan pembersihan secara alamiah (*no action*) (A3). Kriteria yang menjadi pertimbangan adalah sebagaimana terdapat pada tabel berikut:

Kriteria	Deskripsi	Jenis data	Pengukuran	Arah kriteria
C1	Penurunan populasi ikan	Kuantitatif	% penurunan dari <i>baseline</i>	Min
C2	Kualitas terumbu karang	Kualitatif	1=sangat buruk hingga 5=sangat baik	Maks
C3	Nilai rekreasi	Kualitatif	1=sangat buruk hingga 5=sangat baik	Maks
C4	Pendapatan nelayan	Kuantitatif	Rp juta/tahun	Maks
C5	Biaya pengelolaan	Kuantitatif	Rp miliar	Min

Tabel matrik keputusan dari masalah di atas disajikan dalam matriks berikut:

Pilihan	Kriteria				
	C1	C2	C3	C4	C5
Fisik	40	5	2	30	5
Kimia	20	4	3	20	3
<i>Do nothing</i>	60	2	1	10	2
Bobot	0,25	0,2	0,15	0,15	0,25

Dengan menggunakan TOPSIS, tentukan pilihan alternatif terbaik dalam mengurangi risiko tumpahan minyak di atas.

# Pendekatan Valuasi Ekonomi untuk Analisis Risiko Lingkungan

## A. PENDAHULUAN

Pada KB-1 telah dibahas salah satu pendekatan analisis kebijakan untuk analisis risiko lingkungan melalui pendekatan analisis multi kriteria. Pendekatan ini lebih memfokuskan pada pilihan-pilihan kebijakan yang bisa dilakukan untuk mengurangi risiko lingkungan. Pendekatan multi kriteria tidak dirancang untuk menghitung nilai ekonomi atau kerugian yang diakibatkan oleh kerusakan lingkungan. Pada modul ini akan dibahas pendekatan lain dari analisis kebijakan risiko lingkungan melalui pendekatan valuasi ekonomi.

Pendekatan valuasi ekonomi merupakan pengembangan lebih jauh dari pendekatan analisis biaya dan manfaat yang lebih sesuai untuk situasi ketika barang dan jasa yang dihasilkan oleh suatu sistem ekonomi memiliki transaksi di pasar. Dengan kata lain, analisis ini berbasis pasar (*market based*) dan komponen yang dianalisis bisa dihitung dari harga dan biaya yang ditransaksikan. Sebagaimana telah kita kupas pada modul-modul sebelumnya, sistem lingkungan menghasilkan barang dan jasa yang sebagian besar tidak ditransaksikan di pasar. Barang dan jasa tersebut di antaranya adalah fungsi ekosistem sebagai pengatur iklim, pengatur hidrologis, pengendalian hama dan penyakit, penghasil oksigen, penyerap karbon, pengatur kesuburan dan sebagainya. Fungsi ekosistem ini dikenal sebagai fungsi pengaturan (*regulatory function*).

Sebagian jasa ekosistem juga dinikmati oleh manusia secara tidak langsung melalui non konsumtif seperti nilai rekreasi, fungsi ekosistem dalam sosial budaya masyarakat, serta fungsi pendidikan dan penelitian. Fungsi ekosistem ini dikenal dengan istilah fungsi sosial budaya (*socio-cultural function*). Kedua fungsi layanan yang diberikan oleh lingkungan ini tidak memiliki transaksi di pasar. Oleh karena itu, kerusakan lingkungan bukan saja menghilangkan barang yang memiliki nilai di pasar dan bisa dikonsumsi langsung seperti kayu, ikan, atau flora dan fauna lainnya, namun juga akan menghilangkan fungsi-fungsi pengaturan dan sosial budaya tersebut.

Pada KB-2 ini kita akan bahas secara umum bagaimana pendekatan valuasi ekonomi digunakan untuk analisis risiko lingkungan. Penjelasan lebih rinci mengenai valuasi ekonomi dengan berbagai teori dan aplikasinya bisa dilihat dalam Fauzi (2014).

Pada modul ini akan dikenalkan prinsip-prinsip dasar beberapa pendekatan valuasi ekonomi dalam analisis risiko lingkungan.

## B. TINJAUAN PENDEKATAN VALUASI RISIKO LINGKUNGAN

Secara umum, valuasi ekonomi merupakan pendekatan untuk memberikan nilai moneter (dalam hal ini nilai uang, bukan istilah moneter yang digunakan secara makroekonomi) terhadap barang dan jasa yang dihasilkan dari sumber daya alam. Pemberian nilai moneter ini dilakukan dengan berbagai metode seperti penggunaan nilai pasar langsung untuk barang dan jasa yang dikonsumsi, pendekatan proksi seperti nilai properti dan pendekatan pilihan yang dilakukan oleh masyarakat baik yang dinyatakan langsung maupun yang dinyatakan tidak langsung. Lebih detail mengenai berbagai metode ini bisa ditemukan dalam Fauzi (2014) dan berbagai literatur lainnya. Dalam model ini pembahasan akan lebih dikhususkan kepada hal yang berkaitan dengan risiko lingkungan atau valuasi risiko lingkungan.

Dalam konteks valuasi risiko lingkungan, Nijkamp *et al.* (2002) menyatakan terdapat dua pendekatan utama yang dapat digunakan yakni *Human Capital Approach* (HCA) dan *Willingness to Pay approach* (WTP). Pendekatan HCA dibangun atas dasar pemikiran bahwa nilai seseorang dapat diukur dari kontribusinya terhadap produksi atau output ekonomi yang bisa diukur dari pendapatan yang diperoleh. Kerusakan pada lingkungan, misalnya, bisa diasumsikan pada dampaknya terhadap kesehatan seseorang sehingga menurunkan produktivitas dan pendapatan. Menurut Nijkamp *et al.* (2002) pendekatan ini kurang tepat digunakan dalam analisis risiko lingkungan karena kurang didukung oleh basis teori yang kuat. Sementara itu, pendekatan *Willingness to Pay* (WTP) memiliki pondasi yang kuat dari sisi teori ekonomi kesejahteraan dan lebih sesuai untuk penilaian risiko lingkungan. Pendekatan ini telah dikembangkan sejak lama yakni sejak tahun 1970an hingga perkembangannya saat ini.

Secara prinsip, pendekatan WTP untuk valuasi risiko lingkungan didasarkan pada teori preferensi individual terhadap barang dan jasa yang berakar pada teori utilitas. Prinsip ini dibangun atas asumsi bahwa barang dan jasa yang dihasilkan dari sumber daya alam dan lingkungan, baik yang memiliki nilai pasar langsung maupun yang tidak memiliki nilai pasar (seperti fungsi regulasi yang telah dijelaskan di atas), dapat diketahui baik langsung maupun tidak langsung melalui preferensi individu terhadap barang dan jasa tersebut. Nilai moneter dari preferensi tersebut diukur melalui kesediaan membayar atau WTP untuk penurunan risiko atau kesediaan menerima (*Willingness to Accept* atau WTA) terhadap peningkatan risiko.

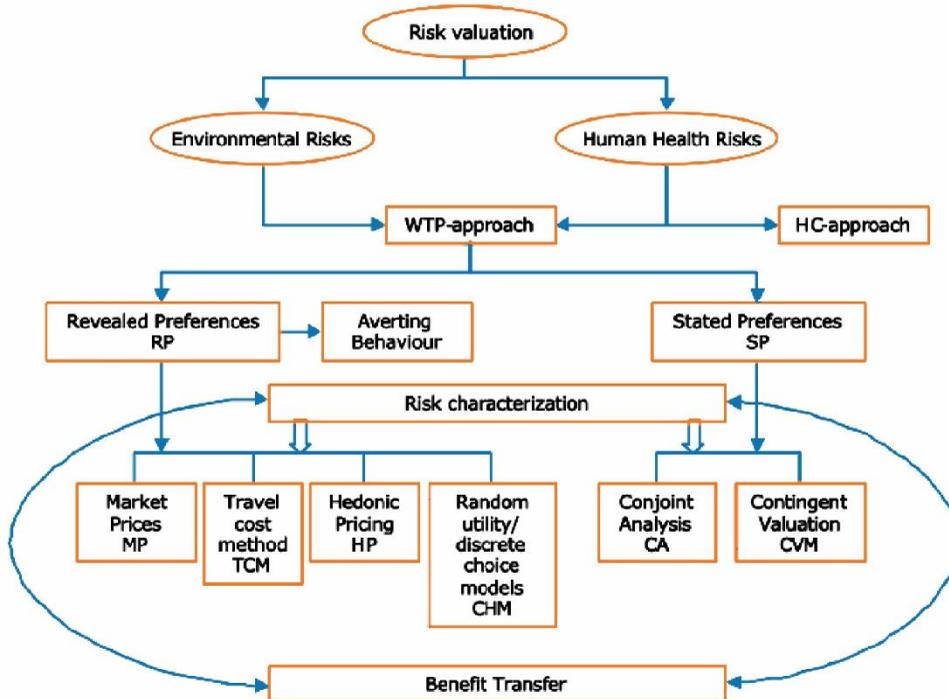
Dalam teori ekonomi, preferensi yang direpresentasikan dari WTP atau WTA tersebut dapat diukur melalui dua cara atau metode. Pertama, dinyatakan langsung (*stated*) oleh individu atau masyarakat terhadap pertanyaan kesediaan membayar atas perbaikan lingkungan untuk mengurangi risiko. Kedua, secara tidak langsung (*inferred*

atau *revealed preference*) melalui pengeluaran untuk menghindari risiko atau mencegah risiko. Gambar 8.4 menyajikan bagan dari kedua metode tersebut.

Pengukuran preferensi dalam risiko lingkungan memang lebih banyak difokuskan pada WTP dari pada WTA karena berbagai perbedaan yang mendasari pengukuran keduanya. Selain itu, karena WTA lebih kepada kompensasi yang akan diterima masyarakat, maka kemungkinan bias yang cukup besar akan ditemukan pada pendekatan WTA. Alasan lainnya adalah bahwa WTP memiliki basis dasar dari teori permintaan dalam ekonomi dimana kurva permintaan terhadap barang dan jasa tidak lain menggambarkan *willingness to pay* terhadap barang dan jasa tersebut.

Sebagaimana terlihat pada Gambar 8.4, terdapat banyak metode dalam kategori *revealed preference* di antaranya adalah *market price*, *travel cost method*, *hedonic pricing* dan *random utility model*. Setiap metode ini memiliki ciri tersendiri dan peruntukannya juga berbeda. Pada metode *market price*, preferensi masyarakat atau WTP bisa langsung diukur dari harga jual komoditas di pasar seperti harga air, harga kayu bakar, harga ikan dan lain sebagainya. Kerusakan lingkungan akan berimplikasi pada perubahan harga-harga pasar tersebut dan akan mengurangi kesejahteraan masyarakat misalnya dengan menurunnya daya beli. Perubahan kesejahteraan ini dapat digunakan sebagai proksi atas meningkatnya atau menurunnya risiko lingkungan.

Metode *Travel Cost* atau TCM pada prinsipnya sama dengan menggunakan pendekatan pasar yakni mengukur perubahan kesejahteraan yang diakibatkan oleh perubahan kunjungan wisata yang terdampak kerusakan lingkungan. Metode ini mengasumsikan bahwa biaya perjalanan berkorelasi dengan jumlah kunjungan sehingga biaya kunjungan yang mahal sebagai akibat kerusakan lingkungan akan berbanding terbalik dengan jumlah kunjungan. Risiko lingkungan dalam hal ini diproksi dari kedua variabel tersebut.



Sumber: Nijkamp et al. (2002)

Gambar 8.4  
Pendekatan Analisis Valuasi Risiko Lingkungan

Pendekatan *revealed preference* lainnya yang juga umum ditemukan dalam analisis lingkungan atau risiko lingkungan adalah *hedonic pricing*. Metode ini menggunakan prinsip “*surrogate market*” (pasar titipan) dimana barang dan jasa yang dihasilkan dari lingkungan yang tidak dipasarkan “dititipkan” atau diproksi melalui harga properti. Sebagai contoh, kawasan perumahan yang memiliki pemandangan yang indah, udara yang bersih dan air sungai yang mengalir jernih memiliki harga rumah yang cenderung lebih mahal dari pada rumah yang terletak di kawasan yang tidak memiliki variabel-variabel tersebut. Nilai lingkungan atau risiko lingkungan kemudian bisa diukur secara tidak langsung dari perbedaan harga properti tersebut.

Pada kelompok *revealed preference method*, *random utility model* (RUM) termasuk yang relatif jarang digunakan karena memerlukan pendekatan ekonometrika yang relatif lebih kompleks dan instrumen survei yang juga relatif lebih mahal. Lebih rinci mengenai aspek-aspek teknis dari metode *revealed preference* seperti TCM, dan *hedonic pricing* dapat dilihat pada Fauzi (2014).

Untuk kelompok *stated preference method*, metode analisis yang lebih umum ditemukan adalah metode *Contingent Valuation Method* (CVM) dari pada *Conjoint Analysis* (CA). *Conjoint Analysis* memerlukan pendekatan yang lebih kompleks karena didasarkan pada teori pilihan dengan berbagai atribut yang ada di dalamnya. Meski sama-sama didasarkan pada pilihan, metode CVM relatif tidak serumit pendekatan CA.

Metode CVM mengandalkan survei langsung untuk menentukan besaran *willingness to pay* dari masyarakat (responden). Nilai WTP ini kemudian dijadikan proksi untuk menilai barang dan jasa yang tidak dipasarkan yang dihasilkan dari sumber daya alam dan lingkungan. Dalam pendekatan ini, responden diberikan gambaran mengenai kasus yang akan dievaluasi (yang memiliki risiko) seperti pencemaran pantai atau kerusakan hutan. Dari gambaran risiko kerusakan tersebut, responden kemudian ditanya secara langsung nilai maksimum WTP mereka untuk memperbaiki atau melakukan mitigasi risiko. Karena jawaban yang akan diperoleh akan tergantung (*contingent*) pada hipotesis pasar yang dibangun, dalam kasus di atas adalah membayar untuk mitigasi risiko, maka metode ini disebut sebagai *Contingent Valuation Method* (CVM).

Dalam implementasinya, penghitungan WTP bisa dilakukan dengan dua cara. Pertama, menggunakan pendekatan ekonometrika atau statistika dengan kaidah-kaidah ekonometrika atau statistika yang harus dipenuhi. Cara ini tentu akan memerlukan waktu, biaya, dan komputasi yang relatif lebih besar, serta umumnya dilakukan pada skala yang juga relatif besar. Tata cara penggunaan pendekatan ekonometrika untuk CVM ini secara rinci bisa dilihat dalam Fauzi (2014). Pada modul ini, tidak dimungkinkan untuk mengupas secara detail pendekatan ekonometrika untuk analisis CVM tersebut.

Cara kedua adalah dengan menggunakan pendekatan non-parametrik yang tidak memerlukan kaidah-kaidah statistika yang rumit. Pendekatan ini lebih didasarkan pada pendekatan kurva WTP dengan menghitung frekuensi jawaban ya atau tidak, dan relatif lebih mudah digunakan. Pada modul ini akan diberikan ilustrasi penghitungan CVM dengan menggunakan metode non-parametrik tersebut.

#### Ilustrasi Valuasi Ekonomi Risiko dengan CVM

Untuk memberikan gambaran salah satu metode valuasi risiko lingkungan, pada bagian ini akan disajikan pendekatan CVM non parametrik dengan memodifikasi contoh dari Hanley dan Barbier (2009) dan Fauzi (2004). Pada pendekatan non parametrik, pendugaan nilai WTP dihitung melalui formula sederhana dengan menggunakan metode Turnbull yakni:

$$E(WTP) = \sum_{j=0}^M t_j (F_{j+1} - F_j)$$

Formula di atas menyatakan bahwa dugaan nilai kesediaan membayar (WTP) merupakan penjumlahan hasil perkalian antara nilai bid pada tawaran  $j$  rupiah (respon kesediaan membayar) yang dilambangkan dengan  $t_j$  dengan selisih antara frekuensi respon negatif antara bid sesudahnya dengan sebelumnya. Pemahaman rumus ini akan lebih mudah dengan mengikuti penghitungan dalam ilustrasi berikut ini.

Dimisalkan bahwa suatu daerah bekas tambang harus direhabilitasi. Daerah ini memiliki risiko lingkungan cukup tinggi karena selain mengandung zat-zat yang membahayakan, juga memiliki risiko fisik lingkungan lainnya seperti lubang tambang

dan perubahan keanekaragaman hayati. Dimisalkan pula telah dilakukan survei kepada masyarakat untuk menilai kesediaan membayar melalui pertanyaan yang sifatnya diskrit yakni “ya” atau “tidak”. Metode ini juga dikenal dengan istilah *Dichotomous Choice* (hanya ada dua pilihan). Pertanyaan *dichotomous choice* ini misalnya bisa berupa “Jika Anda diminta untuk berkontribusi memperbaiki lingkungan untuk pulih selamanya, maukah Anda membayar Rp x? (ya/tidak), dimana “x” adalah jumlah rupiah yang ditawarkan (*bid*). Jumlah penawaran bervariasi antara Rp 100 ribu sampai Rp 400 ribu. Setiap kelompok penawaran memiliki jumlah responden yang berbeda. Tabel 8.9 menyajikan data rekapitulasi hasil penawaran (besaran rupiah yang bersedia dibayarkan) dengan responden yang menjawab “tidak”.

Tabel 8.9  
Tabulasi CVM Non Parametrik

Penawaran ( <i>bid</i> ) dalam Rp ribu	Jumlah respon “tidak”	Jumlah sampel pada nilai tawaran	Frekuensi “tidak”
(A)	(B)	(C)	(D)=(B)/(C)
100	98	190	0,51
200	78	144	0,54
300	105	166	0,63
400	103	154	0,73

Sumber: Hanley dan Barbier (2009)

Hasil tabulasi data pada Tabel 8.9, kemudian ditransformasi untuk menghasilkan nilai dugaan WTP dengan menggunakan metode Turnbull sebagaimana disajikan pada Tabel 8.10.

Tabel 8.10  
Transformasi Data Metode Turnbull

Penawaran ( <i>bid</i> ) dalam Rp ribu	Jumlah respon “tidak”	Jumlah sampel pada nilai tawaran	Frekuensi “tidak”	$F_{j+1} - F_j$
(A)	(B)	(C)	(D)=(B)/(C)	E
100	98	190	0,51	0,51
200	78	144	0,54	0,03
300	105	166	0,63	0,09
400	103	154	0,73	0,1
400+			1	0,27

Sumber: Hanley dan Barbier (2009)

Pada Tabel 8.10, penambahan *bid* di atas Rp 400ribu menunjukkan “*chock price*” atau tawaran tertinggi dimana 100 persen responden menjawab “tidak”, sehingga nilai pada kolom D diberi angka 1. Nilai pada kolom E merupakan penerapan rumus Turnbull yakni mencari selisih antara *bid* tinggi dengan batas terendah terdekatnya. Sebagai

contoh pada *bid* Rp 200 ribu dihasilkan angka 0,03 yang merupakan selisih antara 0,54 dan 0,51. Sementara itu, pada *bid* Rp 100 ribu, selisihnya tetap 0,51 karena merupakan hasil 0,51-0 (tidak ada *bid* di bawah Rp 100 ribu). Nilai kolom E ini kemudian digunakan untuk menghitung dugaan WTP yakni dengan mengalikan nilai *bid* dengan nilai kolom E dengan menggunakan angka selisih dengan angka di atasnya. Jadi dalam kasus di atas nilai dugaan WTP adalah:

$$\begin{aligned} E(\text{WTP}) &= (100 \times 0,03) + (200 \times 0,09) + (300 \times 0,1) + (400 \times 0,27) \\ &= \text{Rp}159 \text{ ribu} \end{aligned}$$

Dalam penghitungan di atas kita abaikan nilai 0,51 karena akan dikalikan dengan nol dan hasilnya tetap nol. Dari penghitungan dengan menggunakan metode Turnbull di atas, diperoleh dugaan WTP sebesar Rp 159 ribu atau Rp 160 ribu jika dibulatkan. Nilai ini menunjukkan keinginan membayar per rumah tangga per tahun untuk memperbaiki lingkungan yang rusak agar risiko lingkungan juga menjadi berkurang. Dalam CVM, nilai ini bisa digunakan sebagai dasar untuk menilai ekosistem yang rusak dengan cara mengalikan dengan jumlah total rumah tangga yang berada di dalam wilayah terdampak. Teknik ini dikenal dengan teknik agregasi. Jadi jika dalam wilayah terdampak tadi ada 10.000 rumah tangga, maka nilai ekonomi dari kerusakan lingkungan tadi setara dengan Rp 1,6 miliar.

Perlu dicatat bahwa nilai rupiah di atas, tidak menggambarkan nilai dari keseluruhan ekosistem yang rusak, melainkan hanya merupakan nilai proksi atau dugaan melalui kesediaan publik untuk membayar. Karena WTP merupakan prinsip kurva permintaan melalui preferensi, jadi nilai tersebut menggambarkan agregat permintaan terhadap ekosistem yang menggambarkan nilai barang dan jasa. Analoginya, jika Anda membayar Rp 2000 untuk sebotol air mineral, maka nilai tersebut adalah nilai pasar dari air tersebut. Mungkin Anda bersedia atau mau membayar lebih dari Rp 2000 jika dalam kondisi haus dan ketika air minum sulit diperoleh. Di sisi lain, Rp 2000 juga bukan merupakan nilai air yang sebenarnya. Air adalah barang yang sangat esensial bagi manusia sehingga nilai seharusnya akan lebih dari Rp 2000 per botol. Dengan demikian, angka yang dihasilkan dari analisis CVM hanya memberikan gambaran kasar bagi pengambil kebijakan terkait biaya dan manfaat dari risiko lingkungan atau ekosistem.

Selain khusus yang berkaitan dengan CVM, penggunaan pendekatan valuasi ekonomi untuk menduga risiko lingkungan memang memerlukan kecermatan tersendiri. Banyak faktor yang harus diperhatikan di antaranya adalah yang terkait dengan sampel yang digunakan, struktur pertanyaan yang diajukan, metode ekonometrik yang digunakan, serta teori ekonomi yang mendasarinya. Secara rinci catatan-catatan ini dapat dilihat pada Hanley dan Barbier (2009) atau Fauzi (2014). Pada modul ini, penyampaian pendekatan valuasi ekonomi dalam analisis risiko lingkungan

hanya disampaikan secara garis besar untuk memberikan secara umum apa dan bagaimana posisi valuasi ekonomi dalam penilaian risiko lingkungan.



## Latihan

---

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan penggunaan valuasi ekonomi dalam analisis risiko lingkungan, khususnya penggunaan metode *Contingent Valuation Method*. Apa saja kasus yang dianalisis dan bagaimana penghitungan valuasi dilakukan, apakah menggunakan pendekatan parametrik atau non parametrik?

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Beberapa contoh perhitungan dalam bentuk boks kasus dapat ditemukan pada Hanley dan Barbier (2009) dan Nijkamp *et al.* (2002). Pelajari dengan seksama kasus yang disampaikan.



## Rangkuman

---

Valuasi ekonomi merupakan salah satu instrumen analisis kebijakan dalam analisis risiko lingkungan yang lebih diarahkan pada pertimbangan biaya dan manfaat. Namun dalam valuasi ekonomi, biaya dan manfaat bukan saja yang berkaitan dengan barang dan jasa yang ditransaksikan di pasar, namun juga menyangkut barang dan jasa yang dihasilkan dari ekosistem yang tidak memiliki nilai pasar. Dalam analisis valuasi risiko lingkungan, dua pendekatan utama yang digunakan adalah *Human Capital (HC) Approach* dan *Willingness to Pay (WTP) approach*. Dalam pendekatan WTP, ada dua pendekatan yang digunakan yakni *stated preference method* (metode preferensi yang dinyatakan) dan *revealed preference method* (metode preferensi yang diungkap). Kedua metode tersebut ditujukan untuk menangkap *willingness to pay* dari masyarakat terhadap barang dan jasa yang dihasilkan dari ekosistem yang kemudian digunakan sebagai proksi dalam menilai besaran risiko lingkungan dalam ukuran moneter atau mata uang.



## Tes Formatif 2

Jawablah pertanyaan ini dengan benar!

- 1) Jelaskan dua pendekatan utama dalam analisis valuasi risiko lingkungan!
- 2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan *stated preference method*? Berikan beberapa metode yang digunakan dalam *stated preference method*!
- 3) Jelaskan apa yang dimaksud dengan pendekatan parametrik dan non parametrik dalam metode CVM?
- 4) Dimisalkan bahwa pengambil kebijakan ingin mengetahui nilai ekonomi kerusakan lingkungan dari program reklamasi yang menggambarkan risiko lingkungan yang terjadi. Tabel berikut ini menyajikan ilustrasi data hasil survei CVM. Lengkapi tabel berikut.

Penawaran ( <i>bid</i> ) dalam Rp ribu	Jumlah respon “tidak”	Jumlah sampel pada nilai tawaran	Frekuensi “tidak”	$F_{j+1} - F_j$
(A)	(B)	(C)	(D)=(B)/(C)	E
50	78	210		
150	60	150		
250	112	210		
400	107	150		
400+				

- 5) Hitung nilai dugaan WTP pada kasus di atas

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. Perhatikan Tabel 8.1
2. *Technical Risk Assessment (TRA)*, *Decision Analytic Approach (DAA)* dan *Comparative Risk Assessment (CRA)*.
3. Tahapan Analisis Multi Kriteria
  - a. Menentukan kriteria evaluasi yang berkaitan dengan sistem yang akan dianalisis.
  - b. Mengembangkan alternatif pilihan atau opsi untuk mencapai tujuan yang diinginkan.
  - c. Mengevaluasi alternatif-alternatif tersebut dengan kriteria yang digunakan.
  - d. Menggunakan salah satu pendekatan metode analisis multi kriteria.
  - e. Memilih alternatif terbaik (*preferred*)
  - f. Jika solusi akhir tidak bisa diterima, kumpulkan informasi baru dan lakukan iterasi ulang seperti tahapan yang telah disebutkan di atas.
4. Langkah-langkah analisis TOPSIS adalah:
  - a. Membangun matrik keputusan.
  - b. Melakukan normalisasi matrik keputusan.
  - c. Mengalikan matrik ternormalisasi dengan bobot kriteria.
  - d. Menentukan ideal positif dan ideal negatif.
  - e. Melakukan *separation measure*.
  - f. Menentukan *closeness* dan *ranking* akhir.
5. Nilai akhir adalah, dengan nilai tertinggi pada intervensi kimia.
  - a. Fisik (A1) = 0,4136
  - b. Kimia (A2) = 0,7689
  - c. *Do Nothing* (A3) = 0,4387

### *Tes Formatif 2*

1. Pendekatan valuasi risiko lingkungan adalah *Human Capital Approach* dan *Willingness to Pay Approach*.
2. *Stated Preference Method* adalah metode valuasi ekonomi dimana dugaan *willingness to pay* diperoleh melalui survei langsung dengan mempertanyakan kesediaan membayar kepada responden. Metode dugaan dalam kelompok ini adalah *Random Utility Model* dan *Contingent Valuation Method (CVM)*.
3. Metode CVM dengan berbasis parametrik adalah metode CVM dimana penentuan dugaan WTP dari data survei dihitung melalui pendekatan ekonometrik atau statistik. Sementara pendekatan non-parametrik dilakukan dengan transformasi data melalui penghitungan frekuensi jawaban “tidak” dengan menggunakan metode Turnbull.

4.

Penawaran ( <i>bid</i> ) dalam Rp ribu	Jumlah respon “tidak”	Jumlah sampel pada nilai tawaran	Frekuensi “tidak”	$F_{j+1} - F_j$
(A)	(B)	(C)	(D)=(B)/(C)	E
50	78	210	0,37	0,37
150	60	150	0,40	0,03
250	112	210	0,53	0,13
400	107	150	0,71	0,18
400+			1,00	0,29

5. Nilai dugaan WTP adalah Rp 109 ribu.

## Daftar Pustaka

- Anderson, J. E. (1975). *Public policymaking: An introduction*. Boston, USA: Houghton, Mifflin.
- ETF (European Training Foundation). (2018). *Guide to policy analysis*. doi:10.2816/60610.
- Fauzi, A. (2014). *Valuasi ekonomi dan penilaian kerusakan sumber daya alam dan lingkungan*. Bogor Indonesia: IPB Press.
- Gough, J. D. (1997). *Environmental decision making and risk management for groundwater systems* 8 RISK 155.
- Hanley, N., & Barbier, E. (2009). *Pricing nature: Cost benefit analysis and environmental policy*. Edward Elgar. Glos. UK.
- Jozi, S. A., & Majd, N. M. (2014). Health, safety, and environmental risk assessment of steel production complex in central Iran using TOPSIS. *Environmental Monitoring and Assessment: Dordrecht*, Vol.186 (10), 6969-83. DOI:10.1007/s10661-014-3903-6.
- Jozi, S. A., & Saffarian, Sh. (2011). Environmental risk analysis of abadan gas power plant using TOPSIS method. *Journal of Environmental Studies*, Vol. 37, No. 58.
- Linkov, I., & Moberg, E. (2012). *Multi-criteria decision analysis: Environmental applications and case studies*. Florida, USA: CRC Press.
- Nijkamp, P., Travisi, C. M., & Vindigni, G. (2002). *Pesticide risk valuation in empirical economics: A comparative approach*. Tinbergen Institute Discussion Paper. TI 2002-112/3.
- Patton, C.V., Sawicki, D.S., & Clark, J. J. (2016). *Basic methods of policy analysis and planning* (3<sup>rd</sup> ed.). New York, USA: Routledge.
- Roszkowska, E. (2011). Multi criteria decision making models by applying the topsis method to crisp and interval data. *Computer Science*. 201-230.
- Schwermer, S. (2012). *Economic valuation method: Annex a to economic valuation of environmental damage – methodological convention 2.0 for estimates of*

*environmental costs*. German Federal Environment Agency (UBA). Dessau. Germany.

Serban, M. (2015). *Supporting public policy making through policy analysis and policy learning*. Torino. Italy: European Training Foundation.

Suder, A., & Kahraman, C. (2015). Minimizing environmental risks using fuzzy TOPSIS: Location selection for the ITU faculty of management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 21, 1326–1340.

Weimer, D. L., & Vining, A. R. (2017). *Policy analysis: Concepts and practice*. Routledge. UK.

Zhang, S., Sun, B., Yan, L., & Wang, C. (2012). Risk identification on hydropower project using the IAHP and extension of TOPSIS methods under interval-valued fuzzy environment. *Natural Hazard* 65, 359–373.

MSLK5203  
Edisi 1

MODUL 09

# Risiko Lingkungan dan Keberlanjutan

Prof. Ir. Akhmad Fauzi, M.Sc. Ph.D.

# Daftar Isi

<b>Modul 09</b>	<b>9.1</b>
Risiko Lingkungan dan Keberlanjutan	
<b>Kegiatan Belajar 1</b>	<b>9.4</b>
Tata Kelola Risiko Lingkungan	
<b>Latihan</b>	<b>9.15</b>
<b>Rangkuman</b>	<b>9.16</b>
<b>Tes Formatif 1</b>	<b>9.16</b>
<b>Kegiatan Belajar 2</b>	<b>9.17</b>
Risiko Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan	
<b>Latihan</b>	<b>9.29</b>
<b>Rangkuman</b>	<b>9.30</b>
<b>Tes Formatif 2</b>	<b>9.30</b>
<b>Kunci Jawaban Tes Formatif</b>	<b>9.31</b>
<b>Daftar Pustaka</b>	<b>9.33</b>
<b>Riwayat Penulis</b>	<b>9.35</b>



## Pendahuluan

Risiko lingkungan melibatkan aspek yang sangat penting dalam kehidupan sosial ekonomi masyarakat, khususnya dalam kehidupan masyarakat modern saat ini, mengingat dampak dari kegiatan sosial ekonomi masyarakat terhadap lingkungan semakin meningkat. Konsekuensi negatif yang tidak diperhitungkan sebelumnya (*unintended consequences*) dari aktivitas manusia, kadang melebihi manfaat yang ingin dicapai. Oleh karenanya, berbagai instrumen pengelolaan dan pengendalian risiko menjadi hal yang krusial dalam memahami risiko lingkungan secara menyeluruh. Instrumen-instrumen pengendalian dan pengelolaan risiko lingkungan tersebut sangat bervariasi, mulai dari yang bersifat regulasi (*command and control*) sampai instrumen-instrumen yang berbasis pasar (*market based instrument*). Efektivitas implementasi instrumen tersebut, bagaimanapun akan sangat tergantung dari tata kelola lingkungan atau lebih spesifik lagi tata kelola risiko lingkungan yang dijalankan oleh pengambil kebijakan.

Selain itu, sebagaimana telah dibahas pada modul-modul sebelumnya, dampak lingkungan dan risiko yang ditimbulkan bukan hanya terjadi pada periode saat ini, tetapi juga melibatkan dimensi waktu yang sangat lama yang bisa berdampak pada ketersediaan barang dan jasa yang dihasilkan oleh lingkungan untuk generasi mendatang. Bahkan mungkin, sebagian dari konsekuensi atau dampak yang tidak diinginkan tersebut, bisa bersifat *irreversible* (tidak bisa dipulihkan kembali) sehingga menimbulkan ongkos yang sangat mahal yang harus dibayar oleh generasi mendatang. Dalam konteks ini, risiko lingkungan akan sangat berkaitan dengan konsep pembangunan berkelanjutan dan tujuan-tujuan pembangunan berkelanjutan yang ingin dicapai.

Pada modul akhir ini, kita akan bahas konteks risiko lingkungan dalam kaitannya dengan tata kelola lingkungan secara lebih luas. Pada modul ini juga keterkaitan risiko lingkungan dan tata kelolanya dengan konteks pembangunan berkelanjutan akan dikupas secara lebih rinci. Pada KB-1, fokus pembahasan akan diarahkan pada keterkaitan antara risiko lingkungan dan tata kelola lingkungan, sementara pada KB-2 akan dibahas kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan.

Setelah mempelajari modul ini, Anda diharapkan mampu menjelaskan kerangka kerja dalam tatakelola risiko lingkungan, keterkaitan risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan, dan transmisi risiko lingkungan terhadap pembangunan berkelanjutan.

# Tata Kelola Risiko Lingkungan

## A. KONSEP TATA KELOLA RISIKO LINGKUNGAN

Tata kelola atau *governance* merupakan konsep yang sangat luas dikenal dalam diskursus politik dan akademik. Belakang konsep ini mengemuka dan menjadi populer pula dalam disiplin lain seperti studi kebijakan, sosiologi, teknologi dan ranah lingkungan. Oleh karenanya, pemahaman terhadap konsep tata kelola juga sangat beragam. Namun demikian, secara generik, tata kelola diartikan sebagai suatu sistem yang menggambarkan struktur dan proses untuk pengambilan keputusan kolektif yang melibatkan aktor-aktor, baik yang terlibat dalam pemerintah maupun non pemerintahan (Nye dan Donahue, 2000).

Bennet dan Satterfield (2018) menambahkan bahwa komponen tata kelola bukan hanya menyangkut struktur dan proses, namun juga melibatkan kelembagaan (*institution*) yang berkaitan dengan aturan, kebijakan dan norma. Selain itu, Bennet dan Satterfield (2018) menekankan pentingnya membedakan antara tata kelola (*governance*) dan pengelolaan atau manajemen (*management*). Konsep pengelolaan lebih fokus pada aspek penggunaan sumber daya (*resources*), perencanaan (*plan*) dan tindakan (*actions*) yang dihasilkan dari berfungsinya tata kelola. Dengan demikian, pengelolaan adalah bagian dari tata kelola.

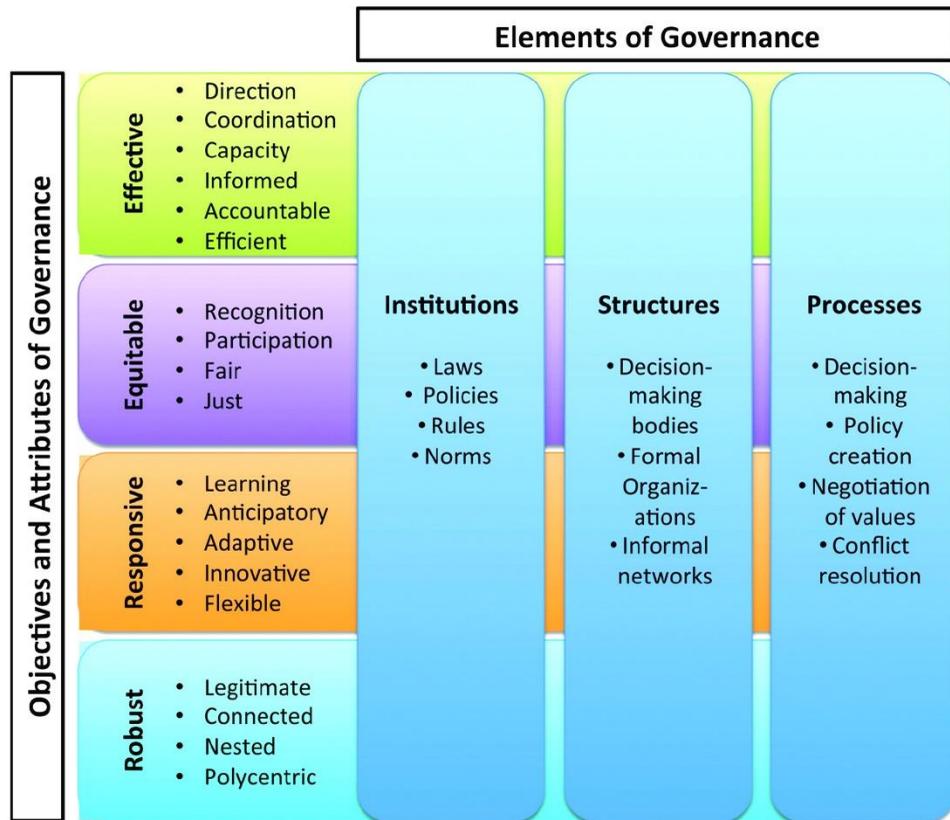
Tata kelola lingkungan merupakan bagian (*subset*) dari konsep yang luas mengenai tata kelola yang merupakan salah satu unsur penting dalam pengelolaan lingkungan untuk menghasilkan pengelolaan lingkungan yang efektif (Bennet dan Satterfield, 2018). Dengan demikian, konsep tata kelola lingkungan juga secara sama diartikan sebagai suatu sistem yang menggambarkan struktur dan proses untuk pengambilan keputusan kolektif yang melibatkan aktor-aktor baik yang terlibat dalam pemerintah maupun non pemerintahan berkaitan dengan aspek lingkungan dan risiko lingkungan. Mauelshagen *et al.* (2014) menambahkan bahwa tata kelola risiko lingkungan merupakan komponen organisasi, seperti proses dan kebijakan yang mendukung kegiatan pengelolaan risiko yang berkelanjutan seperti identifikasi risiko atau penilaian risiko.

Tujuan dari tata kelola lingkungan adalah untuk mengelola perilaku individu atau tindakan kolektif dalam mencapai atau memperoleh lingkungan yang baik dan *outcome* sosial yang berkaitan dengan lingkungan (Armitrage *et al.*, 2012). Dengan demikian,

untuk memahami tata kelola lingkungan perlu memahami terlebih dulu cara pengambilan keputusan yang berkaitan dengan lingkungan dan memastikan bahwa kebijakan yang dihasilkan dan proses yang dilakukan akan menghasilkan *outcome* yang berkelanjutan secara lingkungan dan sosial (Bennet dan Satterfield, 2018). Oleh karena setiap keputusan dan kebijakan yang berkaitan dengan lingkungan bisa menimbulkan risiko, baik dalam skala kecil maupun besar, maka tata kelola lingkungan kemudian bisa dipersempit lagi menjadi tata kelola risiko lingkungan.

Lebih jauh Bennet dan Satterfield (2018) menyatakan bahwa khusus dalam konteks lingkungan, isu sentral dalam tata kelola lingkungan adalah bagaimana memelihara atau memperbaiki sistem lingkungan agar berfungsi dengan baik sehingga menghasilkan jasa lingkungan melalui keberadaan dan interaksi spesies, habitat atau keanekaragaman hayati. Hal ini dapat dicapai melalui tata kelola lingkungan yang baik dengan memperhatikan atribut atau kriteria tata kelola lingkungan yakni *effective*, *equitable*, *responsive* dan *robustness* (kejegan), dengan unsur tata kelola yakni institusi, struktur dan proses, sebagaimana digambarkan pada Gambar 9.1.

Pada atribut *effective*, faktor-faktor yang berperan penting dalam tata kelola lingkungan yang efektif adalah arah (*direction*), kordinasi (*coordination*), kapasitas (*capacity*), terinformasikan dengan baik (*informed*), akuntabel (*accountable*) dan efisien (*efficient*). Tata kelola yang efektif dimulai dengan visi dan misi yang jelas (*clear direction*) serta batasan, tujuan dan ruang lingkup yang realistis. Sementara pada atribut *equitable*, komponen yang berperan dalam membentuk tata kelola lingkungan yang setara (*equitable*) adalah rekognisi (*recognition*), partisipasi (*participation*), *fair* dan tepat (*just*). Tata kelola yang *equitable* harus melibatkan proses pengambilan keputusan dan menghasilkan *outcome* yang inklusif (melibatkan semua pihak), partisipatif, adil dan tepat. Tata kelola yang *equitable* juga dimulai dengan mengakui (*recognize*) dan menghargai (*respect*) sistem nilai, budaya, hak, serta perspektif yang berbeda dari setiap *stakeholder*.



Sumber: Bennet dan Satterfield (2018)

Gamba 9.1  
Tujuan dan Atribut Tata Kelola Lingkungan

Atribut responsif diperlukan untuk meyakinkan bahwa tata kelola lingkungan bisa bersifat adaptif terhadap perubahan lingkungan itu sendiri maupun terhadap perubahan sosial ekonomi yang terjadi. Tata kelola yang responsif dicirikan oleh karakter pembelajaran (*learning*), antisipatif, adaptif, inovatif dan fleksibel. Pembelajaran sosial misalnya dapat dilakukan melalui *monitoring* dan komunikasi yang terus menerus. Sementara atribut antisipasi berkaitan dengan kemampuan mengembangkan perencanaan dalam berbagai skenario risiko. Budaya inovatif dalam tata kelola lingkungan dapat dibangun dengan eksperimen pemikiran-pemikiran baru atau mendokumentasikan keberhasilan dan kegagalan dari penanganan risiko lingkungan yang terjadi.

Bagian akhir dari atribut tata kelola lingkungan yang baik adalah berkaitan dengan *robustness*. Suatu tata kelola lingkungan yang *robust* dicirikan dengan berfungsinya sistem dengan baik sepanjang waktu dan tahan terhadap goncangan atau krisis. Komponen yang mendukung atribut *robustness* adalah legitimasi, keterhubungan, *nested* dan *polycentric*. Tata kelola lingkungan selain harus memiliki

legitimisasi yang kuat, juga diharapkan memiliki keterhubungan yang kuat antar aktor dan lembaga yang berkaitan dengan aspek lingkungan. Selain itu, tata kelola lingkungan juga harus menjamin bahwa keputusan berkaitan dengan penanganan risiko misalnya, dapat dilakukan pada level yang rendah tanpa harus tergantung pada keputusan pada level atas (*nested*). Hal ini juga diperkuat dengan komponen *polycentric* dimana sistem tata kelola memiliki pengambilan keputusan yang bersifat semi otonom. Artinya bahwa tindakan atau keputusan dapat dilakukan di beberapa pusat atau tempat yang berbeda (*multiple locations*) dalam yurisdiksi yang berbeda, namun secara koheren menghasilkan tujuan yang sama.

Jika kemudian tata kelola lingkungan ini kita persempit lagi ke dalam tata kelola risiko lingkungan, maka dapat dikatakan bahwa tata kelola risiko lingkungan melibatkan pemahaman dan penerapan substansi dan prinsip-prinsip tata kelola dalam konteks risiko dan keputusan yang menyangkut risiko. Tata kelola risiko, khususnya yang berkaitan dengan risiko lingkungan, juga harus mempertimbangkan berbagai aspek pada risiko yang dievaluasi seperti aspek legal, kelembagaan, sosial dan ekonomi (Renn, 2008). Selain itu, Renn (2008) lebih jauh menjelaskan bahwa keterlibatan aktor dan *stakeholder* yang berkaitan dengan sumber dan dampak risiko juga harus menjadi pertimbangan.

Dari pemahaman di atas dapat dikatakan bahwa tata kelola risiko lingkungan menggambarkan jejaring yang kompleks antar-aktor, serta jejaring lainnya seperti interaksi aktor dengan aturan, kesepakatan, proses dan mekanisme dimana informasi risiko yang relevan dikumpulkan, dianalisis dan dikomunikasikan, serta bagaimana keputusan pengelolaan dilakukan (Renn, 2008). Tata kelola risiko lingkungan bukan sekedar menggambarkan keterlibatan berbagai aktor dan komponennya, namun juga mempertimbangkan berbagai aspek seperti koordinasi dan kolaborasi antar-aktor, pengaturan kelembagaan (aturan, pasar, insentif, norma dan sebagainya) serta partisipasi dan persepsi publik dalam pengelolaan risiko lingkungan.

Dalam konteks tata kelola risiko, perlu diperhatikan antara tata kelola vertikal dan horizontal. Tata kelola yang bersifat horizontal melibatkan beberapa aktor yang relevan dalam proses pengambilan keputusan dalam batasan geografis dan segmen pengambilan keputusan tertentu. Sementara itu, tata kelola vertikal menggambarkan keterkaitan vertikal antara segmen-segmen pengambilan keputusan tersebut. Aktor-aktor ini bisa pemerintah, industri, akademi maupun masyarakat atau lembaga swadaya masyarakat (LSM). Berdasarkan level geografis, aktor-aktor tersebut bisa dimulai dari aktor lokal sampai global. Tabel 9.1 menyajikan kerangka interaksi vertikal dan horizontal.

Tabel 9.1  
Kerangka Tata Kelola Horizontal dan Vertical

		Level Horizontal			
		Pemerintah/ Badan	Industri	Akademisi/ Ilmuwan	Masyarakat/ LSM
Level Vertikal	Lokal				
	Regional				
	Nasional				
	Supra- nasional				
	Global				

Dalam konteks risiko lingkungan, tata kelola risiko sering ditemukan pada konteks tata kelola horizontal karena kompleksitas pengelolaan lingkungan memerlukan interaksi yang intens antar *stakeholder* dalam mengambil keputusan. Benn *et al.* (2009) merinci lima faktor utama yang harus difahami dalam tata kelola *horizontal* sebagaimana tertera pada Tabel 9.2 berikut.

Faktor pertama adalah identifikasi arena sub-politik. Yang dimaksud dengan sub-politik di sini adalah individu atau masyarakat di luar sistem politik yang bekerja sama atau berkompetisi untuk memperkuat sistem politik secara lebih luas (Beck, 1994). Individu atau kelompok di luar sistem politik ini bisa akademisi, tenaga profesional, pakar, lembaga peneliti dan sebagainya. Sebagai ilustrasi ketika terjadi pencemaran sungai misalnya, maka kepedulian sebagian kelompok untuk membangun gerakan sungai yang bersih bisa berkoalisi dengan kelompok lain (LSM, akademisi, korporasi dan sebagainya) yang kemudian bisa menjadi kekuatan politik untuk mengangkat isu pencemaran sungai. Inilah yang kita sebut sebagai “sub-politik”.

Table 9.2  
Faktor-faktor Penting Dalam Tata Kelola Horizontal

	Faktor	Komponen
1	Identifikasi arena “sub-politik”	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sifat dari risiko</li> <li>• Lingkup risiko</li> <li>• Stakeholder yang relevan</li> <li>• Batasan arena subpolitik</li> </ul>
2	Identifikasi kepentingan kunci dan perbedaan antar <i>stakeholder</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kepentingan kunci (<i>key interest</i>)</li> <li>• Perbedaan kekuatan (<i>power differences</i>)</li> <li>• Perbedaan sumberdaya (<i>resource differences</i>)</li> <li>• Perbedaan pengetahuan (<i>awareness and knowledge differences</i>)</li> <li>• Identifikasi kelebihan dan kekurangan diantara <i>stakeholder</i></li> </ul>
3	Menciptakan jejaring kepentingan dan perbedaan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Melakukan diskusi bersama <i>stakeholder</i></li> <li>• Menajamkan arena sub-politik dari faktor 1</li> <li>• Melakukan pemetaan faktor 2</li> <li>• Identifikasi nilai utama (<i>core value</i>) dari <i>stakeholder</i></li> </ul>

Faktor	Komponen
4 Menegosiasikan strategi yang bisa dijalankan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menentukan perwakilan</li> <li>• Menentukan koordinator</li> <li>• Menentukan tenggat waktu dan tahapan</li> <li>• Menentukan dukungan untuk mengatasi kelemahan pada faktor 2</li> </ul>
5 Implementasi keputusan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Membangun perencanaan untuk mengeliminasi atau meminimalkan risiko</li> <li>• Menentukan tugas dan tanggung jawab dari rencana</li> <li>• Menentukan “biaya” dari tindakan</li> <li>• Merancang dan menjalankan sistem pengawasan untuk meyakinkan rencana dijalankan</li> </ul>

Sumber: Dimodifikasi dari Benn *et al.* (2009)

Setelah identifikasi sub-politik ditemukan, maka komponen yang berkaitan dengan risiko seperti sifat risiko (seperti apakah permanen atau sementara, atau berdampak besar atau kecil), cakupan risiko, *stakeholder* yang terlibat serta batasan sub-politik yang bisa dianggap mengurangi risiko, perlu diperhatikan dengan seksama.

Faktor kedua adalah berkaitan dengan identifikasi kepentingan kunci (*key interest*) serta indentifikasi perbedaan kepentingan antar aktor. Pada faktor kedua ini, komponen-komponen yang berkaitan dengan kepentingan apa saja yang menjadi koncern setiap aktor dan bagaimana perbedaan kekuatan dan sumberdaya yang dimiliki oleh aktor atau *stakeholder* tersebut dapat diakomodasi. Pada faktor kedua ini, penting juga untuk diidentifikasi sejauh mana kesadaran (*awareness*) dan pengetahuan terkait risiko dimiliki oleh para *stakeholder*.

Faktor ketiga yakni menciptakan jejaring kepentingan dan perbedaan diantara *stakeholder* dengan membawa semua *stakeholder* yang berkepentingan ke dalam suatu jejaring melalui dialog yang produktif. Pada tahap ini, penting untuk meyakinkan bahwa semua *stakeholder* terlibat dan memiliki peran sehingga mereka berkomitmen dalam mencapai tujuan, khususnya memperbaiki tata kelola suatu sistem. Beberapa *tools* seperti *focus group discussion* (FGD), *impact tools* yang memungkinkan penilaian bagaimana risiko dan mitigasi dapat dilakukan, metode Delphi dan beberapa pendekatan kualitatif lainnya dapat digunakan untuk menyaring kepentingan dan perbedaan tersebut (Benn *et al.*, 2009).

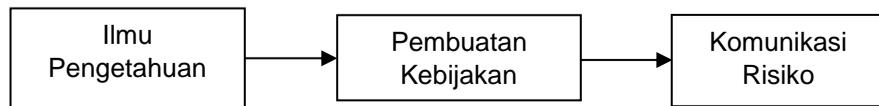
Faktor keempat merupakan jantung dari proses resolusi risiko (Benn *et al.*, 2009). Pada tahap ini, keputusan dalam hal siapa melakukan apa dan bagaimana sumberdaya diperoleh (pendanaan, sumberdaya manusia, infrastruktur) harus dilakukan. Dalam konteks risiko lingkungan, tahap ini juga menentukan bagaimana menilai suatu kejadian dikatakan memiliki risiko lingkungan, siapa saja yang berhak menilai risiko tersebut dan bagaimana pendanaan terhadap risiko yang ditimbulkan dan berbagai isu lainnya.

Isu atau faktor terakhir dalam tata kelola horizontal melibatkan implementasi keputusan yang telah dibuat dan disepakati. Termasuk dalam komponen ini adalah bagaimana membuat perencanaan implementasi keputusan yang meminimalkan risiko,

siapa saja yang bertanggung jawab melaksanakan, bagaimana biaya yang ditimbulkan dari keputusan tersebut serta bagaimana mekanisme pengawasan dan evaluasinya.

Sebagaimana telah dikupas di bagian terdahulu, bahwa salah satu aspek krusial dalam tata kelola lingkungan adalah keterlibatan *stakeholder* atau aktor. Keterlibatan aktor ini tentu dicirikan dengan berbagai macam interaksi yang kompleks, karena setiap aktor atau *stakeholder* memiliki kepentingan dan kekuatan yang berbeda. Secara umum terdapat tiga tipe tata kelola lingkungan yang berkaitan dengan keterlibatan aktor, yakni teknokratik, *decisionistic* dan transparan atau inklusif.

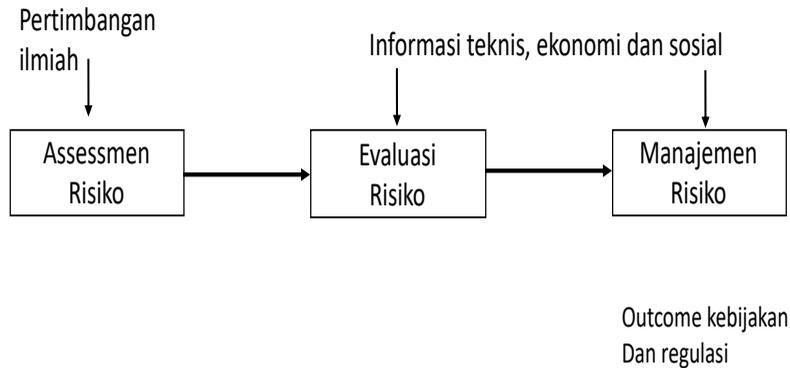
Gambar 9.2 sampai Gambar 9.4 menyajikan berbagai tipe tata kelola risiko lingkungan. Menurut Millsetone *et al.* (2004), setiap tahapan pada tiga tipe tata kelola tersebut menggambarkan secara progresif keterlibatan aktor. Gambar 9.2 menunjukkan tata kelola risiko dengan tipe teknokratik dimana ilmu pengetahuan atau sains menjadi sumber utama pengambilan kebijakan, dan ilmuwan merupakan “hakim” terbaik dalam memutuskan apakah risiko bisa ditolerir atau tidak. Ilmuwan kemudian mengkomunikasikan kepada pengambil kebijakan tentang apa yang seharusnya dikerjakan.



Sumber: Renn (2008)

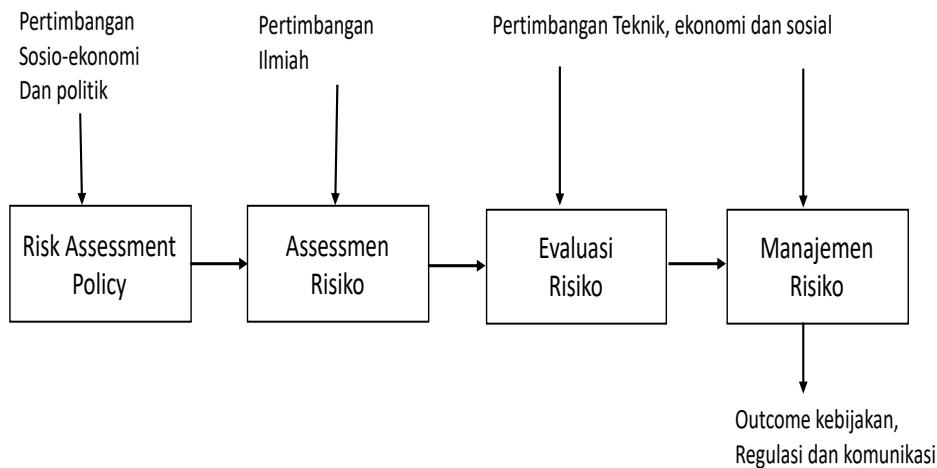
Gambar 9.2  
Model Teknokratik

Gambar 9.3 menyajikan tata kelola risiko yang termasuk dalam kategori *decisionistics* atau risiko berbasis utama keputusan. Pada model ini pengambilan kebijakan memerlukan input bukan hanya dari kalangan ilmuwan. Berbagai faktor yang berkaitan dengan tujuan sosial ekonomi politik harus dipertimbangkan dalam menjawab permasalahan risiko. Tata kelola tipe kedua ini kemudian lebih dilengkapi lagi secara lebih komprehensif pada tipe ketiga (Gambar 9.4) yang disebut sebagai model transparan atau inklusif. Pada model ini, keterhubungan antara asesmen risiko dan manajemen risiko dilakukan melalui keterlibatan pertimbangan ilmiah, faktor teknik, ekonomi, sosial dan politik.



Sumber: Renn, 2008

Gambar 9.3  
Model *Decisionistic*



Sumber: Renn (2008)

Gambar 9.4  
Model *Transparan (inklusif)*

Dari beberapa tipologi di atas tampak bahwa spektrum tata kelola risiko lingkungan bervariasi mulai dari yang sederhana sampai kompleks. Struktur tata kelola bahkan mungkin melibatkan variabel yang sangat banyak sehingga perlu dibatasi pada beberapa aspek yang berhubungan dengan sistem risiko yang dianalisis (IRGC, 2006). Untuk memberikan panduan batasan aktor dan faktor dalam tata kelola risiko lingkungan, IRGC (2006) menekankan beberapa aktor dan faktor berkaitan dengan tata kelola risiko lingkungan sebagai berikut:

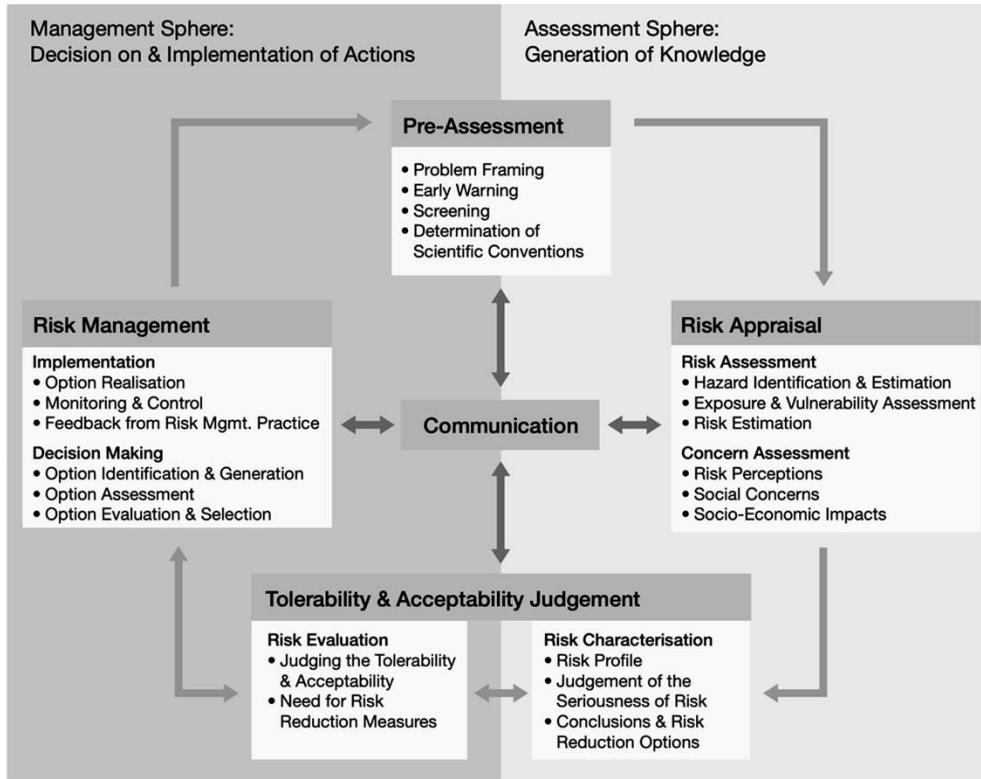
1. Struktur dan fungsi dari berbagai kelompok aktor dalam menginisiasi, mempengaruhi, mengkritisi dan atau mengimplementasi kebijakan risiko.
2. Persepsi risiko dari individu dan kelompok.

3. Konsern individu, sosial dan kultural yang berhubungan dengan konsekuensi dari risiko.
4. *Style* pengambilan keputusan dan regulasi (*political culture*).
5. Kebutuhan yang berkaitan dengan kapasitas kelembagaan dan organisasi dalam melakukan asesmen, monitoring dan mengelola risiko.

## **B. KERANGKA KERJA TATA KELOLA RISIKO LINGKUNGAN**

Pada bagian A, kita telah bahas konsep dasar dan beberapa model tata kelola risiko lingkungan. Pada bagian ini kita akan diskusikan lebih rinci mengenai kerangka kerja (*framework*) tata kelola risiko lingkungan. Gambar 9.5 menyajikan kerangka tata kelola risiko lingkungan yang bersumber dari *International Risk Governance Council* (2006). Tata kelola risiko lingkungan dipecah ke dalam tiga fase utama yakni: *pre-assessment*, *appraisal* dan *management*. Di antara ketiga fase utama tersebut terdapat fase penghubung antara *appraisal* dan *management* yakni pencirian risiko (*characterisation of risk*) dan evaluasi risiko. Semua fase tersebut kemudian terhubung dengan “komunikasi” yang merupakan komponen kunci dalam mengatasi dan menangani seluruh aspek yang berkaitan dengan risiko.

Pada fase pertama, *pre-assessment* ditujukan untuk memperoleh gambaran awal dan menangkap berbagai isu terkait bagaimana *stakeholder* atau masyarakat secara umum memandang risiko. Hal ini disebabkan adanya fakta bahwa setiap kelompok atau masyarakat akan memandang risiko dengan perspektif yang berbeda-beda. Fase ini juga berkaitan dengan perolehan informasi awal, menyangkut indikator, kesepakatan umum atau informasi lain berkaitan dengan risiko yang dapat digunakan sebagai filter awal untuk penanganan risiko. Oleh karenanya, pada fase awal ini dibutuhkan kesepakatan bersama melalui “*risk framing*” yakni kerangka pikir atau “*frame*” (apa yang ada dalam benak masyarakat) tentang risiko dan bagaimana masyarakat mempersepsikan risiko. Kesepakatan umum tentang risiko ini bisa dicapai jika masyarakat bersama-sama menyetujui apa yang menjadi tujuan dari kegiatan yang dilakukan, serta peristiwa yang memicu risiko dan kesepakatan untuk menerima risiko yang ditimbulkan.



Sumber: IRGC (2006)

Gambar 9.5  
Kerangka Tata Kelola Risiko Lingkungan

Pada fase pertama ini, juga dibutuhkan penapisan (*screening*) serta *early warning* terkait dengan risiko serta kesiapan kelembagaan yang bisa menangani dan mengevaluasi penapisan dan peringatan dini dari risiko. Penapisan ini bukan saja menyangkut skala risiko, tetapi juga berkaitan dengan penentuan metode, dan skema prioritas penanganan atau pengelolaan risiko yang dibutuhkan pada fase ketiga.

Fase kedua pada tata kelola risiko ditujukan untuk menyiapkan basis pengetahuan bagi pengambilan keputusan terkait apakah risiko bisa diterima atau tidak. Jika risiko dapat diterima, maka basis pengetahuannya adalah apa yang diperlukan untuk mengurangi atau mengendalikan risiko tersebut. Dengan demikian, saintifik komponen dari fase *appraisal*, bukan saja menentukan tentang risiko itu sendiri (sumber, transmisi dan dampaknya), tetapi juga pertanyaan-pertanyaan kunci dari pemangku kepentingan berkaitan dengan implikasi sosial dan ekonomi dari risiko itu sendiri.

Fase *appraisal* mengandung dua komponen utama yakni *risk assessment* dan *concern assessment*. *Risk assessment* merupakan komponen penting yang telah kita urai dan bahas pada modul-modul sebelumnya yakni berkaitan dengan penilaian dan keterkaitan antara potensi sumber risiko, bahaya (*hazard*), dan peluang konsekuensi yang ditimbulkan (*probability of likelihood*). Meski banyak ragam yang bisa dilakukan

untuk melakukan *risk assessment* sebagaimana telah dikupas pada modul-modul terdahulu, *risk assessment* akan selalu mengandung komponen inti yakni identifikasi *hazard*, penilaian keterpaparan dan kerentanan, serta pendugaan dampak dari risiko (*risk estimation*).

Penentuan ketiga komponen tersebut, tentu sangat tergantung dari skala dan derajat risiko yang ditimbulkan. Oleh karenanya, tantangan yang dihadapi pada *risk assessment* berkisar pada tiga hal utama yakni “*complexity*”, “*uncertainty*” dan “*ambiguity*”. *Complexity* (kompleksitas) mengacu pada kompleksnya interaksi antara sistem (ekonomi, sosial dan lingkungan) dan kompleksitas di dalam sistem itu sendiri. Ketidakpastian di sisi lain mengacu pada situasi dimana hubungan sebab akibat antara risiko dan dampaknya bisa dalam berbagai jalur dan dalam berbagai bentuk sehingga pengetahuan kita terhadap sebab akibat risiko itu sendiri, sulit dipastikan derajat keyakinannya. Akibat dari kedua hal tersebut akan menimbulkan tantangan ketiga yakni *ambiguity* yakni sulitnya menentukan derajat kepastian terhadap penilaian risiko yang dilakukan (IRGC, 2006).

Salah satu fase yang dianggap kontroversial dalam fase tata kelola risiko lingkungan adalah fase pencirian (*characterization*) dan evaluasi. Fase ini mengandung “*judgement*” terhadap risiko berkaitan dengan penerimaan risiko (*acceptable*) dan toleransi terhadap risiko. Risiko yang dikatakan *acceptable* berimplikasi bahwa konsekuensi negatif dari risiko dapat diterima tanpa harus melakukan mitigasi atau penggunaan instrumen lainnya untuk menurunkan risiko (*risk reduction*). Sementara itu, risiko yang dikatakan sebagai “*tolerable*” berimplikasi bahwa risiko dapat dikurangi dengan melakukan kegiatan atau program dengan tujuan khusus untuk mengurangi dan membatasi konsekuensi yang tidak diinginkan. Kedua hal tersebut berkaitan dengan *judgment* yang tergantung pada seberapa besar upaya yang dilakukan untuk memperoleh dan mengkompilasi informasi berkaitan dengan asesmen risiko. *Judgment* ini juga dalam beberapa hal bisa saja bersifat subyektif sebagaimana telah dibahas pada modul 7 berkaitan dengan metode analisis risiko.

Fase terakhir dalam siklus tata kelola risiko lingkungan adalah berkaitan dengan manajemen risiko. Fase ini ditujukan untuk merancang dan mengimplementasikan tindakan, program dan usaha perbaikan untuk mengatasi risiko dengan tujuan untuk menghindari (*to avoid*), mengurangi (*to reduce*), mentransfer atau mempertahankan risiko (*to transfer and to retain*). Efektivitas manajemen risiko tentu akan sangat tergantung pada fase-fase sebelumnya dilakukan karena hasil dari fase sebelumnya ini akan menjadi input bagi fase manajemen risiko. Efektivitas ini juga berkaitan dengan komponen *decision making* dalam manajemen risiko. Pada Modul 8, kita telah bahas bagaimana pengambilan keputusan dalam mengatasi risiko bisa bersifat sangat kompleks dan mengandung berbagai indikator yang sangat bervariasi dan sebagian dari indikator ini mungkin bersifat subyektif (berkaitan dengan *fase judgement*) dan sebagian lagi mungkin sulit diukur.

Secara umum IRGC (2006) menyatakan bahwa ada tiga kemungkinan *outcome* yang dihasilkan oleh *risk management* berdasarkan informasi atau input dari siklus (fase sebelumnya).

1. *Intolerable situation* (situasi yang tidak bisa ditolerir), yakni situasi ketika kemungkinan sumber risiko -seperti teknologi yang digunakan atau bahan kimia yang digunakan- harus diganti. Jika pergantian tidak bisa dimungkinkan, maka kerentanan harus dikurangi dan *exposure* harus dibatasi.
2. *Tolerable situation* (situasi yang dapat ditolerir), yakni ketika risiko perlu dikurangi atau ditangani dengan sumber daya yang terbatas.
3. *Acceptable situation* (situasi yang dapat diterima), yakni ketika risiko relatif kecil atau dapat diabaikan sehingga tidak diperlukan pengurangan sumber daya yang tidak diperlukan untuk mengurangi risiko tersebut. Mekanisme *risk sharing*, misalnya dengan asuransi atau mekanisme lainnya yang telah disepakati

Komponen penting dalam siklus tata kelola risiko lingkungan sebagaimana terlihat pada Gambar 9.5 adalah berkaitan dengan komunikasi risiko (*risk communication*). Komunikasi risiko dibangun agar pemangku kepentingan dan masyarakat secara keseluruhan memahami secara logis proses penilaian dan juga hasil pengambilan keputusan berkaitan dengan pengelolaan risiko, walau mungkin sebagian dari mereka tidak terlibat langsung dalam proses atau fase tata kelola lingkungan tersebut. Komunikasi menjembatani informasi berkaitan dengan tata kelola risiko kepada mereka yang tidak terlibat langsung tersebut.



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan tentang konsep tata kelola secara umum, kemudian bandingkan dengan konsep khusus tata kelola lingkungan atau risiko lingkungan.

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Telusuri beberapa daftar pustaka yang ada dalam modul ini dan juga sumber lain dari internet, kemudian telusuri tautan referensi yang ada di dalamnya.



## Rangkuman

---

Risiko lingkungan melingkupi aspek yang cukup luas bukan hanya pada aspek sebab dan akibat dari risiko lingkungan itu sendiri, namun juga bagaimana menangani, mengelola dan mengevaluasi risiko lingkungan itu sendiri. Dalam kaitan inilah konsep tata kelola risiko lingkungan diperlukan. Tata kelola risiko lingkungan bukan hanya berbicara pada pengelolaan risiko lingkungan (*risk management*) dan analisis risiko, namun juga berkaitan dengan pengambilan keputusan yang melibatkan banyak aktor dengan berbagai tujuan, pemahaman, subjektivitas dan *interest* yang berbeda. Oleh karenanya, *framework* tata kelola risiko lingkungan memerlukan koordinasi dari berbagai level faktor, baik secara horizontal maupun vertikal. Selain itu, tata kelola risiko lingkungan juga menekankan pentingnya mempertimbangkan aspek legal, historikal, tata nilai, serta kapasitas kelembagaan dan organisasi. Keseluruhan kerangka tata kelola ini dilakukan melalui siklus tata kelola yang dibagi dalam tiga fase utama dan terhubung melalui fase penilaian, kemudian dikordinasikan melalui komunikasi risiko.



## Tes Formatif 1

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan apa yang dimaksud dengan tata kelola lingkungan dan kaitannya dengan risiko lingkungan!
- 2) Jelaskan tujuan dari tata kelola lingkungan!
- 3) Jelaskan atribut-atribut tata kelola yang baik!
- 4) Jelaskan model-model tata kelola lingkungan!
- 5) Jelaskan komponen penting berkaitan dengan aktor dan faktor dalam tata kelola lingkungan!
- 6) Jelaskan fase-fase dalam tata kelola risiko lingkungan!

# Risiko Lingkungan dan Pembangunan Berkelanjutan

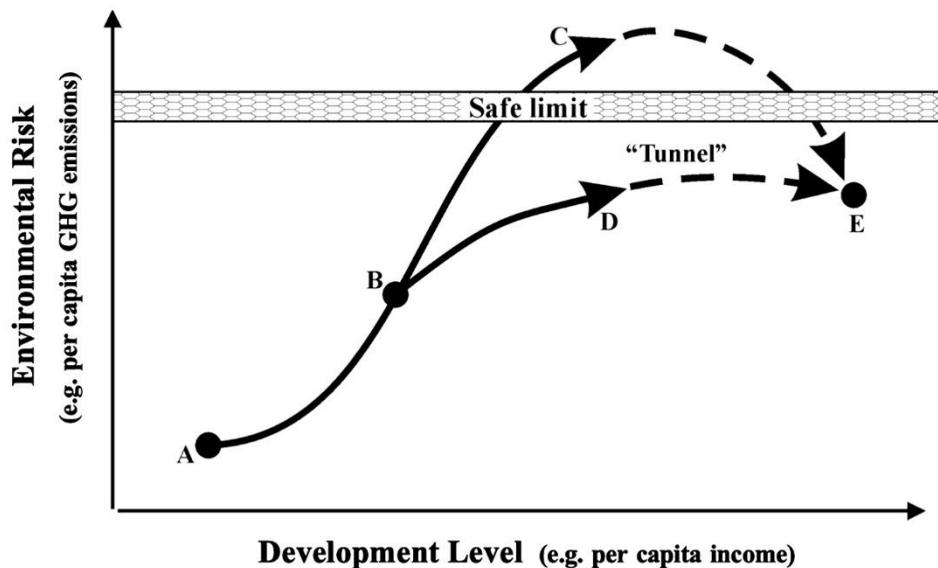
## A. KETERKAITAN ANTARA RISIKO LINGKUNGAN DAN PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN

Sebagaimana telah diketahui secara luas, pembangunan berkelanjutan merupakan prinsip pembangunan yang harus diadopsi oleh semua lini pembangunan, mulai dari sektoral, regional, nasional dan global. Definisi pembangunan berkelanjutan yang dikemukakan oleh *World Commission on Environment Development (WCSD)* tahun 1987 adalah “*that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”. Dalam definisi tersebut terkandung makna secara implisit tentang pentingnya aspek lingkungan di dalamnya. Pemenuhan kebutuhan saat ini dengan tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang mengandung makna pentingnya menjaga kelangsungan sumber daya alam dan lingkungan untuk pemenuhan ketersediaan barang dan jasa dalam jangka panjang. Prinsip ini kemudian lebih ditekankan lagi secara eksplisit dalam tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals* atau *SDGs*) sebagai tujuan pembangunan di semua negara sampai tahun 2030 mendatang.

Dalam 17 tujuan *SDGs*, secara eksplisit dinyatakan bahwa selain mencapai tujuan pemenuhan kebutuhan manusia seperti mengurangi kelaparan dan ketimpangan, juga ditekankan pentingnya menjaga ekosistem air dan tanah serta ekosistem lainnya (lihat lebih rinci mengenai 17 tujuan *SDGs* di berbagai sumber). Lalu bagaimana kaitan antara lingkungan dan pembangunan berkelanjutan ini melalui risiko lingkungan?

Pada awal perkembangan analisis risiko lingkungan, keterkaitan antara risiko lingkungan dan pembangunan berkelanjutan memang terlihat lemah (Mehta, 1997). Hal ini karena pada awalnya, analisis risiko lebih bersifat mikro dan fokus pada dampak risiko lingkungan terhadap perlindungan ekosistem dan kesehatan. Sementara di sisi lain, pembangunan berkelanjutan mengandung makna filosofis yang cukup luas dan berkaitan dengan aspek makro yang bukan hanya berdimensi waktu saat ini, namun juga berkaitan dengan masa mendatang. *WCSD* 1987 menekankan pentingnya keterkaitan antara pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan dengan pembangunan. Setelah lahirnya konsep formal mengenai pembangunan berkelanjutan tersebut, barulah kemudian keterkaitan antara risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan semakin menguat.

Konsep pertama yang mengaitkan antara risiko lingkungan dan pembangunan dikemukakan melalui pengembangan kurva lingkungan Kuznet (*Environmental Kuznet curve*). Gambar 9.6 menyajikan salah satu keterkaitan antara risiko lingkungan dan pembangunan yang diukur dari indikator tingkat pembangunan seperti pendapatan per kapita. Meski secara langsung tidak berhubungan dengan pembangunan berkelanjutan, pendapatan per kapita bisa saja menjadi salah satu ukuran pembangunan berkelanjutan. Gambar 9.6 merupakan adaptasi dari kurva U-terbalik Kuznet (kurva yang menggambarkan antara pendapatan per kapita dan pencemaran) yang disajikan oleh Munasinghe (1995). Tampak pada gambar tersebut, risiko lingkungan pada awalnya meningkat seiring dengan peningkatan tingkat pembangunan (pendapatan per kapita). Setelah melewati “*safe limit*” dari risiko lingkungan, peningkatan per kapita akan membantu menurunkan risiko lingkungan dengan peningkatan kemampuan pada adaptasi dan mitigasi dari risiko lingkungan. Namun demikian, tidak semua negara harus melewati titik C (melewati *safe limit*) terlebih dahulu untuk menurunkan risiko lingkungan. Negara berkembang misalnya bisa memilih jalur D untuk mencapai titik E melalui “*tunnelling*” yakni melakukan pembelajaran dari negara maju dan mengadopsi kebijakan yang memungkinkan penurunan risiko tanpa harus melewati titik puncak risiko lingkungan.



Sumber: Munasinghe (1995)

Gambar 9.6  
Hubungan Antara Tingkat Pembangunan dan Risiko Lingkungan

Konsep kedua yang menghubungkan antara risiko lingkungan dan pembangunan berkelanjutan adalah *societal safety* atau keselamatan sosial. Konsep ini dikenalkan oleh Olsen *et al.* (2006a) yang menekankan peran kelembagaan sosial dalam

menghubungkan antara risiko lingkungan dan keberlanjutan. Menurut Olsen *et al.* 2006b, keselamatan sosial didefinisikan sebagai “*the ability of society as such to sustain important societal functions and to secure the life, health and basic needs of its citizens under different types of stress*” (kemampuan masyarakat untuk mempertahankan fungsi-fungsi sosial yang penting dan untuk menyelamatkan kehidupan, kesehatan, dan kebutuhan dasar warganya dalam situasi tekanan yang berbeda). Konsep ini mencoba mengintegrasikan organisasi, kelembagaan dan perspektif masyarakat dalam pengelolaan risiko, kerusakan (*hazard*), dan kerentanan ke dalam pembangunan berkelanjutan. Keselamatan masyarakat dapat digunakan sebagai pijakan awal dalam menjalankan pembangunan berkelanjutan karena sudah mengandung pengelolaan risiko lingkungan di dalamnya.

Secara lebih rinci, keterkaitan antara *societal safety* ini dengan pembangunan berkelanjutan dapat dilihat dari peran *societal safety* sebagai pengendali krisis lingkungan baik buatan maupun alamiah, yang mengancam kehidupan masyarakat secara luas baik terhadap lingkungan itu sendiri, kesehatan dan ketersediaan bahan baku. Tujuan dari *societal safety* adalah bagaimana mengurangi dampak krisis lingkungan dan memfokuskan pada resiliensi masyarakat melalui penguatan kelembagaan. Oleh karena konsep pembangunan berkelanjutan merupakan konsep etik dalam pembangunan, *societal safety* juga pada dasarnya adalah konsep etik yang ditujukan untuk menstimulasi pembangunan yang berkelanjutan dan melindungi masyarakat dari risiko lingkungan (kehilangan nyawa, penurunan kesehatan dan kehilangan aset fisik). Kesemuanya ini berkaitan erat dengan tujuan pembangunan berkelanjutan,

Selain melalui konsep kurva Kuznet dan keselamatan masyarakat, analisis keterkaitan risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan dilakukan melalui penggunaan instrumen-instrumen ekonomi yang mengadopsi risiko lingkungan di dalamnya. Beberapa instrumen yang kemudian dapat digunakan untuk menganalisis keterkaitan tersebut antara lain sebagai berikut.

1. Analisis Biaya Manfaat. Pada awalnya penggunaan analisis biaya manfaat terbatas pada pendekatan tradisional dimana barang dan jasa yang dihasilkan dari sumber daya alam dan lingkungan dianggap sebagai barang konsumsi. Pendekatan ini tentu mengabaikan kualitas lingkungan yang tidak dikonsumsi langsung dan juga nilai ekosistem yang tidak dipasarkan seperti fungsi penjernihan air, fungsi perlindungan ekosistem dan sebagainya. Menyadari kelemahan ini, analisis biaya manfaat kemudian dikembangkan melalui *Extended Cost Benefit Analysis* yang mengakomodasi koncern tentang keberlanjutan. Salah satu komponen sentral dalam *Extended Cost Benefit Analysis* ini adalah penggunaan konsep *Total Economic Value* (TEV) yang menghitung risiko lingkungan melalui penilaian secara menyeluruh terhadap peran sumber daya alam dan lingkungan melalui penggunaan *Option Value* (nilai pilihan). Konsep nilai pilihan ini menjembatani risiko lingkungan yang ditimbulkan dengan

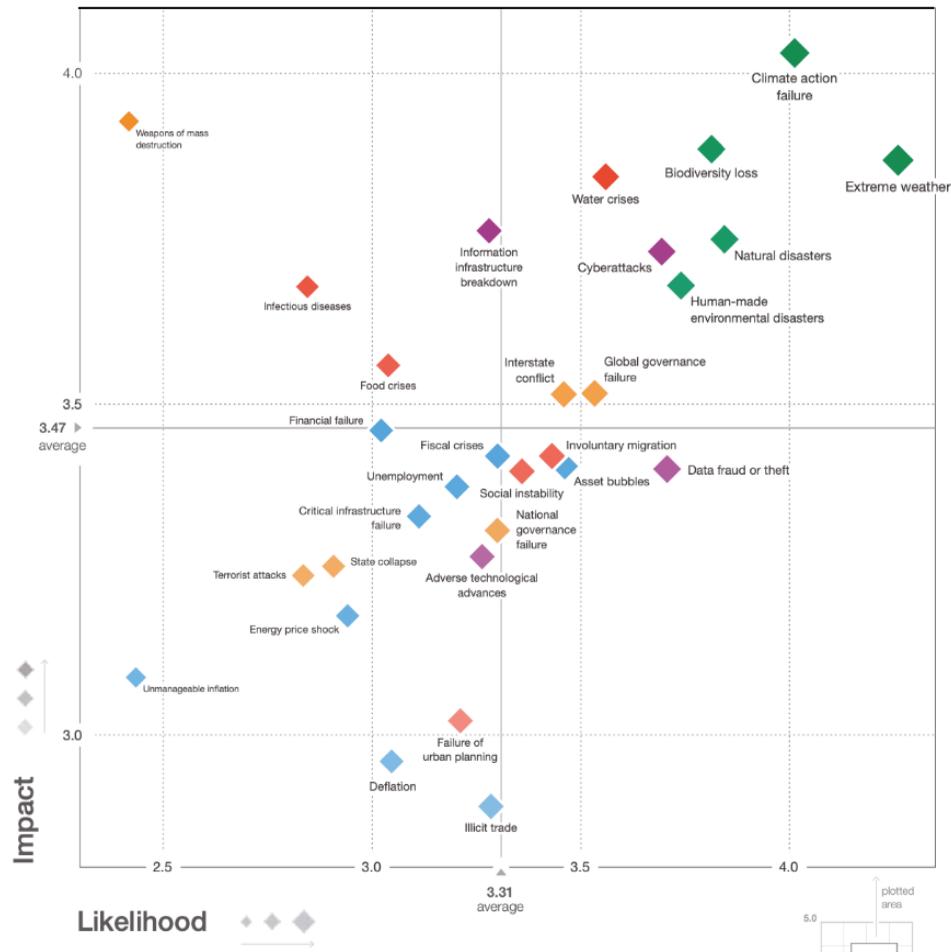
- konsep keberlanjutan karena konsep ini secara implisit mengandung unsur ketidakpastian dan unsur risiko lingkungan di dalamnya.
2. Pendekatan berbasis pasar (*market based approach*). Penggunaan instrumen berbasis pasar seperti pajak lingkungan, subsidi, atau mekanisme pendanaan lain (hibah misalnya) merupakan beberapa instrumen pasar yang digunakan untuk menjembatani risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan. Penggunaan pajak lingkungan merupakan mekanisme disinsentif yang dirancang untuk mengurangi kerusakan lingkungan (seperti pencemaran misalnya) sehingga risiko lingkungan berkurang dan pembangunan berkelanjutan bisa berjalan lebih baik. Demikian juga halnya dengan subsidi pada penggunaan teknologi yang ramah lingkungan. Subsidi dapat menjadi instrumen untuk mengurangi risiko lingkungan dan mendorong tercapainya pembangunan berkelanjutan.
  3. Penerapan tata kelola risiko lingkungan. Sebagaimana telah diuraikan pada KB-1, tata kelola risiko lingkungan merupakan salah satu instrumen penting dalam mengendalikan risiko lingkungan. Penggunaan kerangka tata kelola lingkungan yang tepat dapat mengurangi risiko lingkungan dan mampu mendorong tercapainya pembangunan berkelanjutan.

Selain dari beberapa instrumen di atas, tentu masih banyak instrumen penghubung lainnya yang kini dikembangkan, misalnya mendorong regulasi untuk penerapan *sustainable reporting* seperti *dashboard sustainability*, *sustainable rating*, *environmental profit and loss*, dan masih banyak instrumen lainnya. Keseluruhan instrumen ini bertujuan untuk mengedepankan pentingnya memperhatikan risiko lingkungan, baik dalam keberlanjutan usaha maupun kegiatan ekonomi lainnya, serta keterkaitan secara lebih luas dalam konteks pembangunan berkelanjutan.

## **B. TRANSMISI RISIKO LINGKUNGAN TERHADAP PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN**

Pada bagian A telah kita bahas tentang keterkaitan antara risiko dan keberlanjutan, khususnya dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Pada bagian ini akan kita bahas transmisi dari risiko tersebut ke pembangunan berkelanjutan melalui beberapa faktor dan implikasinya pada kehidupan manusia dan keberlanjutan pembangunan ekonomi dan sosial serta kelestarian lingkungan itu sendiri.

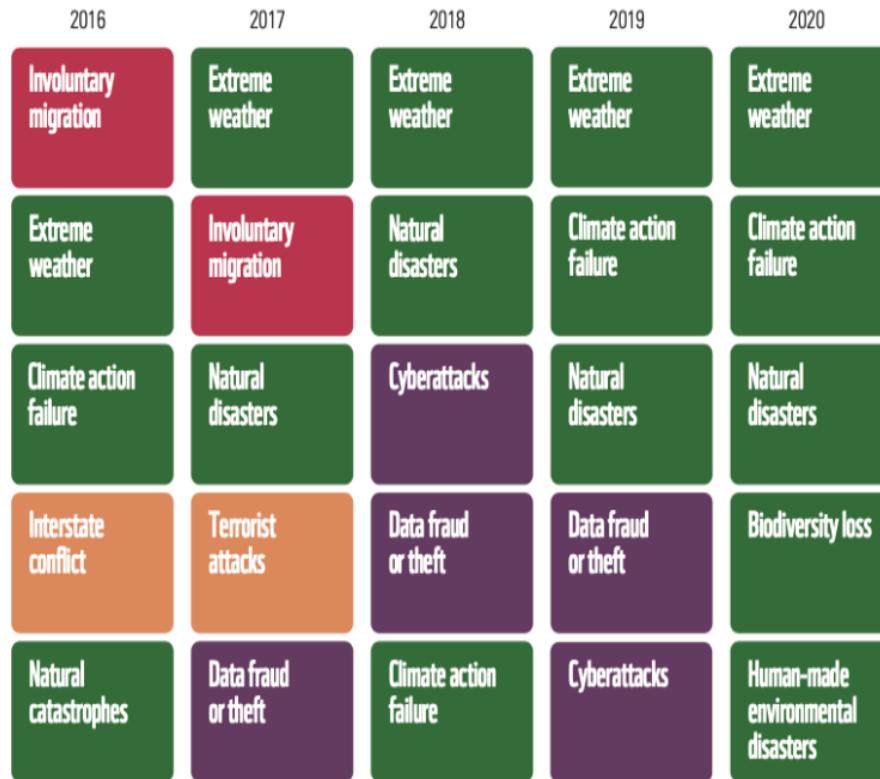
Dalam laporan *World Economic Forum 2020* edisi 15 terkini tentang risiko global, ditemukan bahwa risiko terbesar yang akan mengancam ekonomi global di masa mendatang adalah risiko lingkungan. Beberapa jenis risiko lingkungan yang diperkirakan mengancam perekonomian global adalah perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, bencana alam dan pemanfaatan yang berlebihan terhadap sumber daya alam (Gambar 9.7).



Sumber: World Economic Forum (2020)

Gambar 9.7  
Risiko Global 2020

Jika dilihat dari perkembangan tren risiko selama lima tahun terakhir dari 2016-2020, nampak bahwa risiko yang berkaitan dengan lingkungan seperti cuaca ekstrim, perubahan iklim, bencana alam, kehilangan keanekaragaman hayati cenderung mendominasi tren risiko berdasarkan peluang kejadiannya atau kemungkinan kejadiannya (*likelihood*) sebagaimana terlihat pada Gambar 9.8. Demikian juga halnya jika dilihat dari dampak yang ditimbulkan, risiko berkaitan dengan lingkungan merupakan unsur yang dominan dalam tren risiko lima tahun terakhir sebagaimana terlihat pada Gambar 9.9.



Sumber: WWF (2020)

Gambar 9.8  
Tren Risiko Global Menurut Kemungkinan (*Likelihood*)



Sumber: WWF (2020)

Gambar 9.9  
Tren Risiko Global Menurut Dampak yang Ditimbulkan

Pada bagian berikut ini kita akan bahas tiga faktor risiko lingkungan utama yakni cukup berpeluang besar dan juga berdampak besar terhadap kehidupan manusia dan perekonomian global yakni perubahan iklim, kehilangan biodiversitas dan ekstraksi yang berlebihan terhadap sumber daya alam.

## 1. Perubahan Iklim

Terkait perubahan iklim, berbagai sumber laporan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) tahun 2018 lalu menunjukkan bahwa kenaikan suhu global sebesar 1,5 derajat celsius akan berdampak sangat serius pada lingkungan, dan penambahan 0,5 derajat suhu global akan menyebabkan kemungkinan kerusakan pada ekosistem sebesar 10 kali lipat (IPCC, 2018). Konsekuensi risiko lingkungan yang disebabkan oleh perubahan iklim ini tentu akan sangat mengancam ketersediaan pangan, air, energi, jasa ekosistem dan juga bahan baku kebutuhan industri yang diperlukan bagi kelangsungan hidup bagi generasi mendatang. Dengan kata lain risiko lingkungan dari perubahan iklim ini akan mengancam pembangunan berkelanjutan.

Risiko lingkungan yang disebabkan oleh perubahan iklim, juga akan menyebabkan meningkatnya *stress* terhadap ekosistem. Meningkatnya suhu permukaan air laut misalnya akan berimplikasi pada kesehatan ekosistem terumbu karang, yang akan berimplikasi pada ketersediaan ikan sebagai sumber ekonomi dan sumber pangan. Selain itu, kenaikan paras muka laut juga akan meningkatkan risiko banjir khususnya di wilayah pesisir, yang akhirnya berimplikasi pada keberlanjutan pembangunan dan pencapaian tujuan SDGs. Demikian juga halnya dengan pencairan tanah yang beku (*permafrost*), yang pada awalnya mampu menyimpan karbon cukup banyak, akan menyebabkan pelepasan karbon ke udara dan akhirnya akan meningkatkan pemanasan global. Proses ini menjadi seperti lingkaran setan.

Selain dari kedua aspek di atas, risiko lingkungan yang disebabkan oleh perubahan iklim juga diduga akan meningkatkan laju migrasi yang disebabkan oleh cuaca ekstrim seperti banjir, badai, kebakaran hutan dan peningkatan suhu udara. Menurut WEF (2020), sejak 2008 sampai tahun 2016 lebih dari 20 juta orang telah bermigrasi yang disebabkan oleh cuaca ekstrim tersebut. Perubahan demografis tersebut diduga akan menimbulkan masalah lain seperti konflik antar-etnis, konflik geopolitik, dan konflik sosial lainnya. Kesemuanya ini akan berpengaruh langsung atau tidak langsung terhadap pembangunan berkelanjutan.

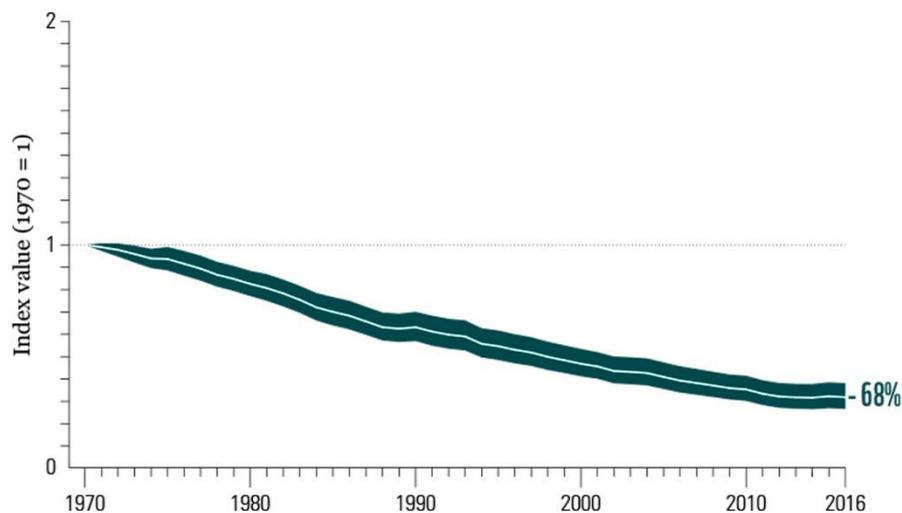
Dari berbagai aspek di atas, dampak risiko lingkungan akibat perubahan iklim yang cukup signifikan adalah terhadap perekonomian nasional dan global. WEF (2020) melaporkan bahwa tekanan ekonomi dan kerusakan dari sumber daya alam dan lingkungan yang dipicu oleh perubahan iklim menimbulkan kerugian lebih dari US\$165 miliar. Sebaran kerugian ekonomi tentu tidak merata antarnegara. Negara-negara berkembang seperti Indonesia cenderung mengalami kerugian yang lebih besar relatif terhadap negara-negara maju karena ketidaksiapan kapasitas dan kemampuan melakukan mitigasi perubahan iklim.

## 2. Kehilangan Keanekaragaman Hayati

Transmisi kedua yang menghubungkan antara risiko dan keberlanjutan adalah berkaitan dengan kehilangan keanekaragaman hayati (*biodiversity loss*), padahal sebagian kelangsungan hidup manusia sangat tergantung pada kelangsungan keanekaragaman hayati tersebut. Ketergantungan kehidupan manusia pada keanekaragaman hayati ini cukup beragam, mulai dari penyerbukan (*polinasi*) untuk produktivitas pertanian sampai pada penyembuhan penyakit. Kehilangan keanekaragaman hayati ini akan mengancam pondasi ekonomi bukan hanya untuk generasi sekarang namun juga untuk generasi yang akan datang.

Laporan *World Economic Forum* (WEF) mengenai *Global Risk 2020* menyatakan bahwa laju kepunahan keanekaragaman hayati saat ini mencapai 10 sampai seratus kali lebih besar dari rata-rata 10 juta tahun lalu. Hal ini banyak menimbulkan kehilangan lebih dari 83 persen flora dan fauna yang menyebabkan gangguan pada keseimbangan ekosistem dan mengganggu keberlanjutan ekonomi. Kerugian ekonomi yang ditimbulkan oleh kehilangan keanekaragaman hayati ini diperkirakan bisa mencapai US\$33 triliun per tahun yang setara dengan gabungan PDB China dan Amerika Serikat (WEF, 2020).

Laju kehilangan keanekaragaman hayati ini diperkuat dengan laporan terkini yang dipublikasi oleh WWF (2020). Dengan menggunakan indeks komposit untuk menggamarkan keanekaragaman hayati yang dikenal dengan *Living Planet Index* (LPI), selama periode tahun 1970 sampai 2016 telah terjadi penurunan rata-rata 68% dengan kisaran -73% sampai -62% sebagaimana terlihat pada Gambar 9.10. LPI melingkup keanekaragaman hayati lebih dari 20 ribu populasi dari 4392 spesies.



Sumber: WWF (2020)

Gambar 9.10  
Laju Kehilangan Keanekaragaman Hayati

Interaksi antara kehilangan biodiversitas dan keberlanjutan ekonomi ini memang bersifat timbal balik atau resiprokal. Kegiatan manusia yang bersifat ekstraktif akan merusak dan menyebabkan berkurangnya keanekaragaman hayati yang kemudian akan berimplikasi pada gangguan terhadap keberlangsungan ekonomi itu sendiri. WEF (2020) merinci beberapa aktivitas manusia yang berimplikasi pada kehilangan biodiversitas yang kemudian berimplikasi pada kondisi keberlanjutan.

1. Ekspansi industri dan pertanian telah menyebabkan kehilangan lebih dari 85% lahan basah, mengubah 75% lahan permukaan dan 66% wilayah lautan.
2. Kegiatan yang berkaitan dengan *logging*, penangkapan ikan dan perburuan.
3. Pencemaran yang telah merusak habitat akibat dari limbah yang tidak diolah dan dipilah, serta pencemaran industri, pertambangan dan pertanian.
4. Invasi spesies (masuknya spesies asing) yang mengancam keberadaan spesies lokal.
5. Perubahan iklim mempercepat laju kerusakan yang kemudian menurunkan resiliensi alam untuk bertahan terhadap perubahan iklim (menimbulkan lingkaran setan).

Implikasi dari semua aktivitas manusia di atas akan menimbulkan risiko lingkungan yang cukup serius dan akan menimbulkan risiko lainnya yakni risiko sosial, ekonomi dan lingkungan yang merupakan tiga pilar utama pembangunan berkelanjutan. Menurut WEF (2018), dampak risiko kehilangan biodiversitas ini terhadap keberlanjutan pembangunan terjadi melalui berikut ini.

1. *Food insecurity* (ancaman pangan). Keanekaragaman hayati merupakan pondasi dari sistem pangan karena keanekaragaman hayati membantu menyuburkan lahan, membantu penyerbukan, menjernihkan air, dan memberi perlindungan terhadap cuaca ekstrem. Penurunan fungsi-fungsi keanekaragaman hayati ini akan mengancam ketahanan pangan dan merapuhkan keberlanjutan ekonomi secara umum. Sebagai contoh, beberapa studi menunjukkan bahwa penurunan keanekaragaman hayati laut (spesies ikan) berkorelasi dengan penurunan hasil tangkapan dan meningkatnya kerapuhan ekosistem untuk *kolaps* (Roe, 2019).
2. Risiko kesehatan. Keanekaragaman hayati selain menjaga fungsi-fungsi ekosistem seperti menyediakan udara dan air yang bersih, juga sebagai sumber obat-obatan yang sangat penting untuk menjaga kesehatan manusia. Diperkirakan sekitar 50 ribu sampai 70 ribu spesies tanaman telah dimanfaatkan untuk bahan obat-obatan tradisional dan sekitar 50 persen obat-obatan modern dikembangkan dari produk alami (bukan sintetis). Kehilangan sumber obat-obatan ini akan berimplikasi serius pada kesehatan manusia sebagai salah satu modal pembangunan yang berkelanjutan.
3. Meningkatkan dampak perubahan iklim. Keanekaragaman hayati baik yang berada pada ekosistem terestrial maupun laut membantu mendukung penurunan emisi gas rumah kaca serta sebagai *carbon sink*. Kehilangan keanekaragaman

hayati akan mengurangi peran tersebut dan akan memperparah terjadinya pemanasan global.

4. Risiko bisnis. Keanekaragaman hayati merupakan salah satu unsur penting dalam rantai pasok komoditas. Beberapa sektor seperti energi, *fashion*, konstruksi, farmasi dan tekstil sangat rentan terhadap gangguan atau kerusakan ekologis. Oleh karenanya kehilangan keanekaragaman hayati akan meningkatkan risiko bisnis dan berdampak pada capaian tujuan pembangunan berkelanjutan.
5. Risiko budaya dan kehidupan masyarakat tradisional. Kehidupan masyarakat adat yang tinggal di pedalaman (hutan) seperti suku Anak Dalam di Jambi atau suku Baduy di Banten sangat tergantung pada keanekaragaman hayati untuk menopang kehidupan dan budaya mereka. Kehilangan keanekaragaman hayati akan mengancam kehidupan masyarakat ini dan dapat merusak budaya mereka. Di sisi lain masyarakat modern sendiri sangat tergantung kepada kelompok masyarakat ini untuk menjaga dan mempertahankan ekosistem dari kerusakan. Meski jumlah mereka secara global hanya 5 persen dari total populasi, namun mereka menjaga dan melindungi 80 persen keanekaragaman hayati dunia (Raygorodetsky, 2018).

### 3. Eksploitasi Berlebih Sumber Daya Alam

Risiko lingkungan yang juga tidak bisa diabaikan dampaknya terhadap pembangunan berkelanjutan adalah hal berkaitan dengan eksploitasi atau ekstraksi sumber daya alam yang berlebihan. Faktor ini akan berkaitan erat dengan dua aspek yang telah kita bahas sebelumnya yakni perubahan iklim dan kehilangan biodiversitas. Sebagai contoh, penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan yang dipicu oleh kebutuhan untuk mendapatkan keuntungan yang berlipat dapat menyebabkan kerusakan terumbu karang.

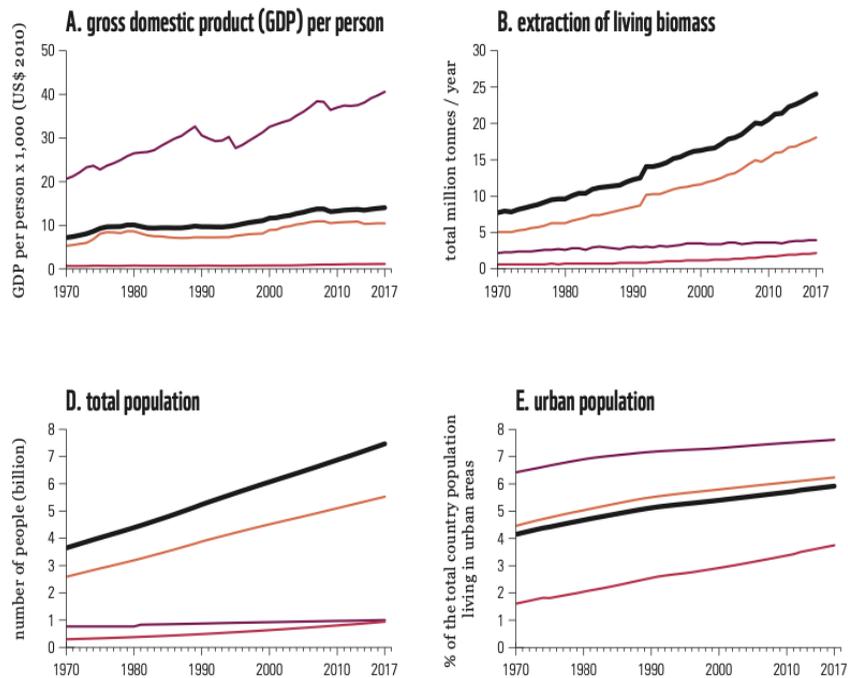
Dengan adanya perubahan iklim, kerusakan terumbu karang ini akan semakin parah sehingga akan berimplikasi pada kehilangan keanekaragaman hayati atau biodiversitas. Hilangnya terumbu karang ini akan menimbulkan risiko pada kehidupan manusia melalui risiko yang ditimbulkan pada ekosistem daratan dan lautan. Kehancuran terumbu karang akibat eksploitasi berlebihan ini akan meningkatkan kerentanan pada masyarakat berpenghasilan rendah. Selain itu, ekonomi berbasis pariwisata seperti *marine tourism* juga akan sangat terdampak yang kemudian menimbulkan efek domino pada sektor pendukung lainnya. *Kolapsnya* ekosistem pesisir dan laut akibat eksploitasi berlebihan, juga pada akhirnya akan berpengaruh terhadap industri perikanan dan industri lainnya yang bisa saja meningkatkan risiko keamanan dan kerapuhan terhadap terorisme (Farquhar, 2017).

Peningkatan kebutuhan pangan yang dipicu dari peningkatan pertumbuhan penduduk dan perubahan gaya hidup juga telah menyebabkan eksploitasi sumber daya terestrial. Akibatnya, terjadi alih fungsi lahan yang cukup masif, deforestasi serta hilangnya sebagian lahan basah untuk peruntukan ekonomi. Tindakan ini juga akan

berkaitan dengan peningkatan perubahan iklim di mana kegiatan pertanian dan deforestasi berkontribusi pada peningkatan gas rumah kaca sebesar 23 persen (Smith *et al.*, 2014).

Selain dari tekanan terhadap pangan dan dampaknya terhadap risiko lingkungan, pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali juga akan berdampak pada peningkatan kebutuhan energi. Secara global, peningkatan kebutuhan energi ini akan terus meningkat lebih dari 25 persen sampai pada tahun 2040 mendatang. Peningkatan ini selain dipicu oleh pertumbuhan penduduk, juga disebabkan oleh peningkatan urbanisasi dan peningkatan pendapatan masyarakat. Gambar 9.11 bagian D dan E memperlihatkan perkembangan penduduk dan urbanisasi sejak tahun 1970 sampai 2017 lalu yang cenderung meningkat secara linier. Sampai saat ini sebagian besar dari kebutuhan energi tersebut masih dipenuhi dari sumber daya alam tidak terbarukan seperti minyak dan batubara. Peningkatan pembangkit listrik yang bersumber dari batu bara (PLTU) ini pada akhirnya juga akan berkontribusi pada peningkatan dampak dari perubahan iklim. Diperkirakan bahwa PLTU yang ada di Asia saja berkontribusi pada sepertiga peningkatan total emisi CO<sup>2</sup> secara global. Selain dari kontribusi terhadap pemanasan global, eksploitasi sumber energi dari batubara juga cenderung merusak lingkungan yang juga berimplikasi pada kehilangan keanekaragaman hayati. Di Indonesia, misalnya, peningkatan permintaan akan energi ini memicu eskalasi eksploitasi tambang batu bara di berbagai daerah di Indonesia yang menyebabkan kerusakan lingkungan yang cukup besar di beberapa daerah. Akibat dari semua ini akan berimplikasi pada pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan baik melalui pengaruhnya terhadap kebutuhan dasar manusia seperti air dan udara yang bersih, juga terhadap keragaan perekonomian secara lebih luas.

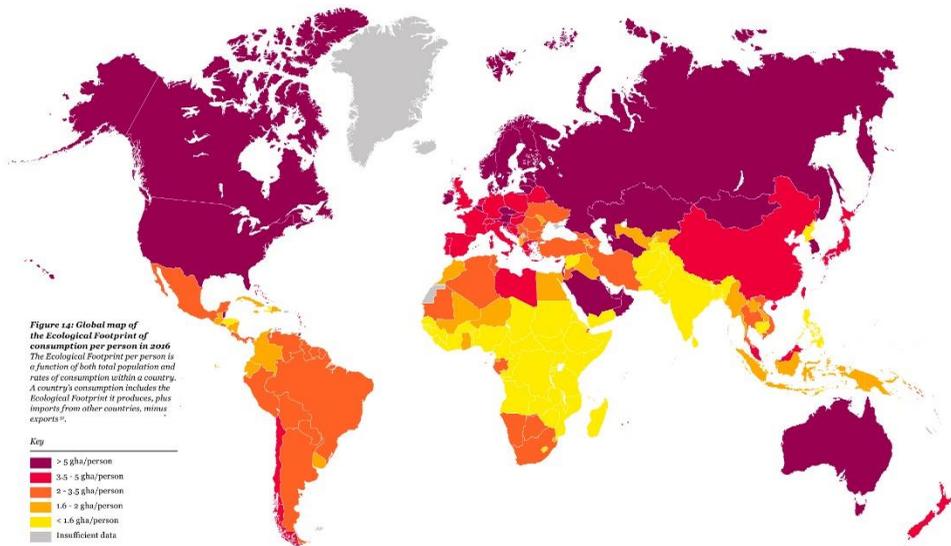
Gambar 9.11 menyajikan tren kemajuan ekonomi yang diukur dari PDB per kapita serta perkembangan penduduk dan urbanisasi. Tren perkembangan ketiga indikator tersebut juga sejalan dengan meningkatnya ekstraksi biomassa hayati (*living biomass*) pada panel B yang akan meningkatkan risiko kehilangan keanekaragaman hayati. Empat kurva yang ada pada Gambar 9.11 menunjukkan perkembangan untuk negara berkembang, negara maju, negara terbelakang dan keseluruhan dunia yang diwakili dengan garis tebal. Gambar pada panel B dan D misalnya menunjukkan bahwa total penduduk dunia dari hampir 4 milyar penduduk pada tahun 1970an sampai mencapai lebih dari 7 milyar pada tahun 2017 berimplikasi pada ekstraksi biomassa hayati dari sekitar 8 juta ton per tahun hingga mencapai hampir 25 juta ton per tahun. Variasi tertinggi terjadi di negara maju dan terendah terjadi di negara terbelakang (*least developed countries*).



Sumber: WWF (2020)

Gambar 9.11  
Tren Perkembangan Ekonomi, Penduduk, dan Ekstraksi Biomass

Gambar 9.12 menyajikan penyebaran konsumsi sumber daya yang diukur dengan jejak ekologis (*ecological footprint*) per kapita. Jejak ekologis mengukur keseimbangan antara kapasitas biofisik (lahan dan laut) untuk menopang kehidupan dengan kebutuhan konsumsi yang diukur dalam satuan *global hectare* (gha). Dengan kata lain jejak ekologis mengukur permintaan konsumsi manusia dari sumber daya alam dan lingkungan di banding dengan kemampuan ekosistem untuk memperbaharui. Jejak ekologis memberi gambaran bagaimana keragaan (*performance*) sumber daya yang dimiliki suatu negara dengan risiko yang mungkin akan ditimbulkannya. Semakin tinggi jejak ekologis menunjukkan semakin besar konsumsi relatif terhadap biokapasitas dan semakin besar kemungkinan timbulnya risiko ekologis. Sebagaimana terlihat pada Gambar 9.12, negara maju cenderung memiliki jejak ekologis yang tinggi yakni di atas 3,5 gha per kapita, sementara negara berkembang relatif berada pada kisaran 1,6 sampai 2 gha per kapita. Sebagai acuan, rata-rata biokapasitas global adalah 1,6 gha, sementara rata-rata jejak ekologis global pada tahun 2020 adalah sebesar 2,5 gha. Artinya, bahwa permintaan konsumsi saat ini 1,5 kali lebih besar dari kemampuan kapasitas ekosistem mendukung kebutuhan. Jika tidak ada terobosan teknologi atau pengurangan laju konsumsi, tentu ini akan berimplikasi cukup besar terhadap risiko lingkungan.



Sumber: WWF (2020)

Gambar 9.12  
Jejak Ekologis Global 2020



## Latihan

Untuk memperdalam pemahaman Anda mengenai materi di atas, kerjakanlah latihan berikut!

Carilah literatur yang berkaitan dengan konsep keterkaitan antara risiko lingkungan dan keberlanjutan, kemudian bandingkan beberapa transmisi risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan, selain dari tiga komponen utama yang telah dikupas pada KB-2 ini.

### *Petunjuk Jawaban Latihan*

Telusuri beberapa sumber referensi yang ada di Daftar Pustaka dalam modul ini dan juga sumber lain dari internet, kemudian telusuri tautan referensi yang ada di dalamnya.



## Rangkuman

---

Risiko lingkungan merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan tercapainya pembangunan berkelanjutan. Lingkungan yang rusak akan menimbulkan risiko dalam bentuk moneter dan non-moneter yang akan berimplikasi pada capaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Keterkaitan antara risiko lingkungan secara konseptual dijumpai melalui kerangka kurva U-terbalik Kuznet dan melalui instrumen ekonomi seperti analisis biaya manfaat dan instrumen ekonomi lainnya. Transmisi risiko lingkungan dalam pembangunan berkelanjutan bisa sangat bervariasi dan dinamis. Namun tiga faktor utama yang kini mengemuka dan akan menjadi konsep risiko ekonomi global dan keberlanjutan di masa mendatang adalah berkaitan dengan perubahan iklim, kehilangan keanekaragaman hayati, dan eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya alam dan lingkungan. Ketiga faktor ini tidak berdiri sendiri karena masing-masing memiliki keterkaitan. Masalah yang terjadi pada satu komponen bisa berakibat pada komponen lainnya, dan secara keseluruhan bisa berdampak pada keberlanjutan ekonomi, sosial dan lingkungan.



## Tes Formatif 2

---

Jawablah dengan singkat dan jelas!

- 1) Jelaskan keterkaitan risiko lingkungan melalui kerangka kurva U-terbalik Kuznet yang dikembangkan oleh Munasinghe (1995)!
- 2) Jelaskan bagaimana konsep *societal safety* yang menghubungkan antara risiko lingkungan dan pembangunan berkelanjutan!
- 3) Jelaskan instrumen-instrumen yang dapat digunakan untuk menghubungkan antara risiko lingkungan dan keberlanjutan atau pembangunan berkelanjutan!
- 4) Jelaskan tiga faktor utama yang menjadi transmisi antara risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan!
- 5) Jelaskan komponen-komponen risiko yang ditimbulkan dari kehilangan keanekaragaman hayati terhadap keberlanjutan!
- 6) Jelaskan bagaimana eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan akan memicu krisis risiko lingkungan dan mengganggu tercapainya pembangunan berkelanjutan!

## Kunci Jawaban Tes Formatif

### *Tes Formatif 1*

1. Suatu sistem yang menggambarkan struktur dan proses untuk pengambilan keputusan kolektif yang melibatkan aktor-aktor baik yang terlibat dalam pemerintah maupun non pemerintahan berkaitan dengan aspek lingkungan dan risiko lingkungan.
2. Tujuan dari tata kelola lingkungan adalah untuk mengelola perilaku individu atau tindakan kolektif dalam mencapai atau memperoleh barang publik dan *outcome* sosial yang berkaitan dengan lingkungan.
3. *Effective, equitable, responsive, Robust* (lihat gambar 9.1 untuk rincian komponennya).
4. Model *technocratic*, model *decisionistics* dan model *transparent* (inklusif).
5. Komponen berkaitan dengan aktor dan faktor dalam tata kelola lingkungan.
  - a. Struktur dan fungsi dari berbagai kelompok aktor dalam menginisiasi, mempengaruhi, mengkritisi dan atau mengimplementasi kebijakan risiko.
  - b. Persepsi risiko dari individu dan kelompok.
  - c. Konsern individu, sosial dan kultural yang berhubungan dengan konsekuensi dari risiko.
  - d. Gaya pengambilan keputusan dan regulasi (*political culture*).
  - e. Kebutuhan yang berkaitan dengan kapasitas kelembagaan dan organisasi dalam melakukan asesmen, monitoring dan mengelola risiko.
6. Tiga fase utama dalam tata kelola risiko lingkungan adalah “*pre-assessment*”, “*appraisal*” dan “*management*”. Fase ini dihubungkan melalui *fase judgment* dan *tolerability* yang kemudian keseluruhan fase dihubungkan melalui komunikasi.

### *Tes Formatif 2*

1. Baca penjelasan Gambar 9.7 pada KB-2.
2. Konsep *societal safety* dapat menjembatani risiko lingkungan dengan pembangunan berkelanjutan melalui integrasi kelembagaan dan penguatan resiliensi masyarakat serta pengelolaan risiko.
3. Analisis biaya manfaat, khususnya *Extended Cost Benefit Analysis* dan instrumen berbasis pasar seperti pajak lingkungan dan subsidi lingkungan, dan tata kelola risiko lingkungan.
4. Perubahan iklim, keanekaragaman hayati, dan eksploitasi sumber daya alam yang berlebihan.
5. Risiko yang ditimbulkan dari kehilangan keanekaragaman hayati adalah:
  - a. risiko ketidakpastian pangan,
  - b. risiko kesehatan,
  - c. risiko meningkatnya dampak perubahan iklim,

- d. risiko bisnis,
  - e. risiko budaya dan kehidupan masyarakat tradisional.
6. Eksploitasi sumber daya alam yang dipicu dari peningkatan penduduk akan memicu krisis air dan energi yang kemudian mengakibatkan meningkatnya risiko lingkungan dan berimplikasi pada tercapainya pembangunan berkelanjutan.

## Daftar Pustaka

- Armitage, D., de Loë, R., & Plummer, R. (2012). Environmental governance and its implications for conservation practice. *Conservation Letters*, 5, 245-255.
- Beck. (1994). Reinventing of politics: Towards a theory of reflexive modernization. In U. Beck, A. Giddens and S. Lash (eds.), *Reflexive modernisation: Politics, traditions and aesthetics in the modern social order*. Cambridge: Polity Press, pp. 1-55.
- Benn, S., Dunphy, D., & Martin, A. (2009). Governance of environmental risk: New approaches to managing stakeholder involvement. *Journal of Environmental Management*, 90, 1567-1575
- Bennet, N. J., & Satterfield, T. (2018). Environmental governance: A practical framework to guide design, evaluation, and analysis. *Conservation Letter*, 11, 1-13.
- Dehta, M. D. (1997). Risk assessment and sustainable development: Towards a concept of sustainable risk. *RISK, Health, Safety and Environment*, 8(2), 137-154
- IPCC. (2018). Summary for policymakers. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*.
- IRCG (International Risk Governance Council). (2006). *Risk governance: Towards an integrated approach*. IRGC. Geneva Switzerland.
- Farquhar, S. (2017). When overfishing leads to terrorism: The case of Somalia. *World Affairs Journal of International Issues*, 21, 68-77.
- Maulshagen, C., Smith, M., Schiller, F., Denyer, D., Rocks, S., & Pollard, S. (2014). Effective risk governance for environmental policy making: A knowledge management perspective. *Environmental Science & Policy*, 41, 23-32.
- Munasinghe, M. (1995). Making growth more sustainable. *Ecological Economics*, 15,121-4.

- Nye, J. S., & Donahue, J. (eds.). (2000). *Governance in a globalising world*. Washington: Brookings Institution.
- Olsen, O. E., Langhelle, O., & Engen, O. A. (2006). Contradictions between risk management and sustainable development. In Andersson, K. (Ed.), *Valdor 2006 conference on values in decisions on risk: Proceedings*, Stockholm, . 205–214.
- Olsen, O. E., Kruke, B. I., & Hovden, J. (2006). Societal safety: Concept, borders and dilemmas. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 15(2), 69-79.
- Raygorodetsky, G. (2018). Indigenous peoples defend earth’s biodiversity—But they’re in danger. *National Geographic*.
- Renn, O. (2008). *Risk governance : Coping with uncertainty in a complex world*. Earthscan. UK.
- Roe, D. (2019). Biodiversity loss—More than an environmental emergency. *The Lancet Planetary Health*, 3 (7), 287–289.
- Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., & Tubiello, F. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- World Economic Forum. (2020). *The Global Risk Report 2020* (15<sup>th</sup> ed.). Geneva, Switzerland.
- WWF (World Wide Fund for Nature). (2020). *Living planet report 2020: Bending the curve of biodiversity loss*. WWF Gland Switzerland

## Riwayat Penulis



**Prof Akhmad Fauzi, Ir. M.Sc. Ph.D** dilahirkan di Serang (Banten) pada 21 April 1962. Gelar Insinyur diperoleh dari Program Studi Sosial Ekonomi Perikanan Institut Pertanian Bogor pada tahun 1985. Setahun kemudian (1986) resmi menjadi Dosen di IPB. Gelar *Master of Science* diperoleh dari *University of Guelph, Ontario* Canada, di bidang *Resource Economics* pada tahun 1990. Pada tahun 1989, memperoleh gelar *Doctor of Philosophy (Ph.D)* di bidang *Economics* dari *Department of Economics, Simon Fraser*

*University, British Columbia* Canada. Selain memperoleh pendidikan formal, Prof. Fauzi juga telah mengenyam berbagai pelatihan instrumen analisis dan pemodelan dengan berbagai *tools* analisis di Kanada (*Rapfish/MDS*), Amerika Serikat (*General Algebraic Modeling System*), Perancis (*Multi paradigm modelling and Anylogic*), Denmark (STATA) dan di berbagai negara lainnya. Tahun 2006, Prof Fauzi terpilih sebagai dosen berprestasi Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB dan pernah menjabat sebagai Ketua Departemen Ekonomi Sumberdaya dan Lingkungan FEM IPB yang pertama pada periode 2005-2009. Saat ini di FEM IPB beliau menjabat sebagai Ketua Senat Fakultas Ekonomi dan Manajemen IPB, dan juga sebagai Ketua Program Studi Pasca Sarjana Ilmu-Ilmu Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Perdesaan FEM IPB.

Selain aktif berkiprah di tingkat nasional sebagai tenaga ahli di berbagai kementerian dan di tingkat provinsi, Prof. Fauzi juga aktif di berbagai lembaga internasional dan forum-forum pertemuan ilmiah internasional. Tahun 2003 Prof. Fauzi pernah menjadi *international Evaluator* Uni Eropa di Brussel, Belgia kemudian beliau juga pernah menjadi tenaga ahli UNEP (*regional expert group*). Beliau juga menjadi dosen di *Program Master International* di Nha Trang *University* VietNam sejak tahun 2016 sampai saat ini. Prof. Fauzi aktif sebagai anggota lembaga profesi internasional diantaranya adalah *Regional Studies Association, International Ecological Economic Society, International Association of Society and Natural Resources* dan berbagai organisasi lainnya. Prof. Fauzi sudah menulis berbagai buku yang diterbitkan oleh Gramedia Pustaka Utama dan IPB Press, serta artikel-artikel ilmiah baik di jurnal nasional maupun internasional. Selain itu, beliau juga aktif memberikan pelatihan-pelatihan terkait metode analisis keberlanjutan dan analisis strategis untuk berbagai kalangan baik peneliti, dosen, LSM maupun untuk lingkungan TNI dan Polri.