

Batasan dan Ruang Lingkup Ekologi Tumbuhan

Drs. Suswanto Rasidi
Dra. Erlin Nurtiyani, M.Si.



PENDAHULUAN

Ekologi tumbuhan sebagai salah satu cabang disiplin Ekologi yang mempelajari secara spesifik interaksi tumbuhan dengan lingkungan hidupnya (dikenal dengan fenomena alam). Kajian ekologi tumbuhan, mencakup antara lain cara tumbuhan dalam kehidupannya memerlukan sinar matahari, air, oksigen, serta lahan sebagai tempat tumbuh dan habitatnya. Kecuali itu, juga dipelajari cara peranan energi dan nutrisi dalam proses metabolisme tubuh, cara tumbuhan sebagai komponen produsen dalam sistem ekologi menjadi sumber pakan dan sumber energi untuk organisme lain melalui rangkaian jejaring makanan serta proses dekomposisi oleh mikrobiota, serta bagaimana tumbuhan sepanjang kehidupannya berinteraksi secara timbal balik dengan lingkungan fisik, kimia, dan biotik di sekitarnya. Pembahasan materi Modul 1 terutama ditujukan untuk menjelaskan cara perkembangan kehidupan tumbuhan melalui masa reproduksi, perkecambahan, tumbuh, dan berkembang dalam tahapan masa dewasa, tua dan mati, komunitas tumbuhan tertentu hilang atau musnah, kemudian akan muncul, tumbuh, dan berkembang kembali melalui serangkaian proses dinamika populasi atau komunitas dalam suatu proses suksesi. Pada akhirnya proses kehidupan akan berlangsung terus menerus berkesinambungan mengikuti hukum alam. Hal ini dipertegas oleh pendapat Elton pada tahun 1927 (*dalam* Brewer, 1994), menyatakan bahwa ekologi tumbuhan yang mulai berkembang sejak akhir abad ke-19 pada dasarnya merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang sejarah alam.

Dalam modul pertama dibahas tentang batasan dan ruang lingkup ekologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari dan menelaah interaksi tumbuhan dengan lingkungan hidupnya secara keseluruhan. Pembahasan meliputi bidang kajian yang terdapat dalam 3 kegiatan belajar, yaitu:

Kegiatan Belajar 1 tentang definisi dan konsep dasar ekologi tumbuhan. Kegiatan Belajar 2 tentang ekologi tumbuhan dan hubungannya dengan ilmu pengetahuan lain, dan Kegiatan Belajar 3 tentang pemanfaatan dan penerapan ekologi tumbuhan.

Dalam Kegiatan Belajar 1 membahas materi tentang latar belakang, pengertian, dan definisi ekologi tumbuhan dalam hubungannya dengan bagaimana konsep ekologi dapat menjelaskan konsep interaksi tumbuhan dengan lingkungan hidupnya. Misalnya, peran dan fungsi ekologi berbagai jenis tumbuhan memanfaatkan energi matahari dan nutrisi untuk kehidupannya.

Kegiatan Belajar 2 membahas ekologi tumbuhan yang memiliki hubungan dengan ilmu pengetahuan lain. Penelaahan ekologi tumbuhan tidak dapat dipisahkan dengan ilmu pengetahuan lain yang berperan sebagai penunjang, misalnya ilmu fisika, kimia, dan matematika, atau ilmu biologi seperti taksonomi, fisiologi, dan genetika.

Kegiatan Belajar 3 membahas tentang bagaimana ekologi tumbuhan mempunyai hubungan yang sangat erat dengan sistem penyangga kehidupan manusia di bumi, yaitu ekosistem di bumi (biosfer).

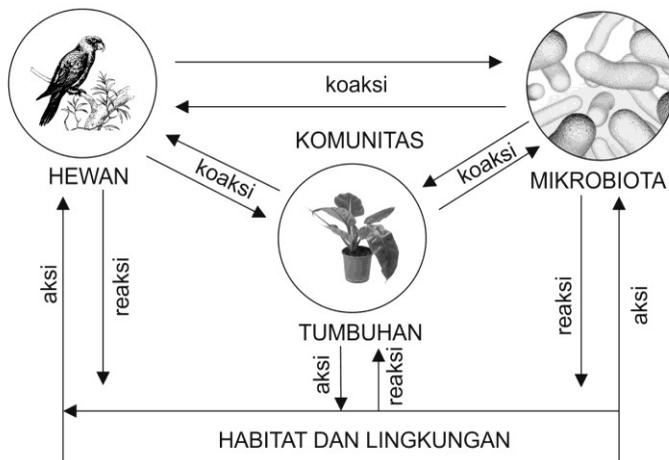
Pada saat mempelajari Modul 1 yang berjudul Batasan dan Ruang Lingkup Ekologi Tumbuhan secara umum Anda diharapkan dapat memahami batasan dan ruang lingkup uraian mata kuliah Ekologi Tumbuhan, dan secara khusus Anda diharapkan dapat:

1. menjelaskan latar belakang, pengertian, definisi, dan konsep dasar ekologi tumbuhan;
2. menjelaskan hubungan ekologi tumbuhan dengan ilmu pengetahuan lain;
3. menjelaskan implikasi manusia dalam memanfaatkan pengetahuan ekologi tumbuhan yang bersifat analitis dan interpretatif untuk kesejahteraan manusia.

KEGIATAN BELAJAR 1

Definisi dan Konsep Dasar Ekologi Tumbuhan

Awal pemahaman manusia dalam mempelajari ekologi secara umum dan ekologi tumbuhan secara khusus karena hal yang mendasar, bahwa pada dasarnya makhluk hidup di bumi tidak dapat hidup sendiri dan terasing dari makhluk hidup lainnya. Keberadaan tumbuhan sebagai makhluk hidup di dalam suatu lingkungan, habitat, atau suatu ekosistem tertentu merupakan bagian dari lingkungan hidupnya sendiri. Tumbuhan akan selalu berinteraksi satu sama lain dengan habitat dan lingkungan abiotik, maupun dengan tumbuhan sendiri dan makhluk hidup lainnya. Tumbuhan dan berbagai makhluk hidup lain secara keseluruhan memiliki bentuk, penampilan, dan keberadaan yang berbeda. Makhluk hidup tersebut akan saling berinteraksi secara timbal balik dengan habitat dan lingkungannya, seperti tanah sebagai habitat, air, iklim, cahaya matahari, kelembaban atau suhu udara, pH tanah, dan unsur hara (nutrisi) serta mineral. Interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungan tersebut kemudian akan membentuk berbagai sistem ekologi yang berbeda sehingga menciptakan keanekaragaman ekosistem.



Gambar 1.1 Interaksi biota dengan habitat dan lingkungannya

Clements pada tahun 1916 (*dalam* Brewer, 1994), menyebutkan bahwa terdapat tiga jenis interaksi antara faktor biotik dan abiotik dalam sistem ekologi yang menjadi dasar struktur dan fungsi ekosistem yaitu antara habitat dan lingkungan dengan makhluk hidup yaitu tumbuhan, hewan, dan mikrobiota (Gambar 1.1). Habitat dan lingkungan akan memengaruhi serta menentukan keberadaan maupun kondisi komunitas biota (masyarakat tumbuhan dan makhluk hidup lain dalam hal bagaimana tumbuhan, hewan, dan mikrobiota berperanan dan berfungsi). Pengaruh lingkungan fisik terhadap makhluk hidup dinamakan “aksi”, yaitu semua faktor ekologi yang memengaruhi makhluk hidup seperti suhu udara, pH tanah, atau fotoperiodisitas. Hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan fisik, misalnya penutupan terhadap akses perolehan sinar matahari atau kondisi struktur dan formasi tanah yang tidak mendukung ekosistem makhluk hidup, dinamakan “reaksi”. Hubungan timbal balik di antara makhluk hidup dalam suatu komunitas akan berpengaruh terhadap habitat dan makhluk hidup lain, misalnya antara tumbuhan dengan organisme parasit pada daun dapat berbentuk kompetisi atau parasitisme. Hubungan interaksi tersebut dinamakan “koaksi”.

Berdasarkan penjelasan tersebut, terlihat bahwa interaksi organisme dalam bentuk aksi, reaksi, dan koaksi pada umumnya lebih ditekankan pada interaksi antara tumbuhan dan lingkungan hidupnya secara lengkap, yaitu dalam hal bagaimana tumbuhan, hewan, dan mikrobiota berhubungan satu sama lain, peran dan fungsi untuk kehidupannya.

A. DEFINISI DAN PENGERTIAN EKOLOGI TUMBUHAN

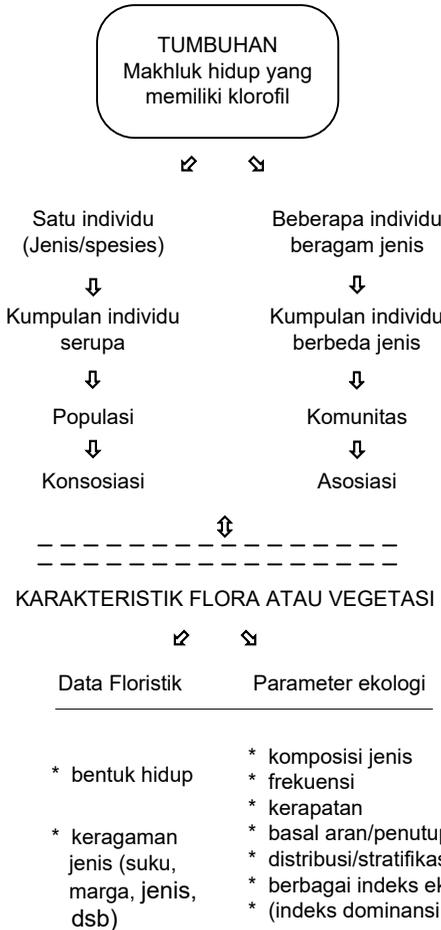
Perkembangan ekologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan alam secara kualitatif dan kuantitatif relatif masih baru. Ekologi sebagai bagian dari disiplin ilmu biologi merupakan ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Masih ingatkah Anda bahwa kata “ekologi” berasal dari bahasa Yunani, yaitu “**oikos**” yang berarti “rumah” atau “tempat tinggal” dan “**logos**” yang berarti “telaah” atau “ilmu pengetahuan”. Sebenarnya istilah tersebut pertama kali dikemukakan oleh **H. Reiter** pada tahun 1865, akan tetapi, umumnya para ilmuwan menyatakan bahwa **Ernest Haeckel** pada tahun 1866 adalah yang pertama kali memperkenalkan istilah ekologi dari bahasa Jerman “**oekologie**”. Ia mendefinisikan ekologi sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi makhluk hidup di “rumah” atau di “alam” sekitarnya (Setiadi *dkk.*, 1989; Brewer, 1994; Shukla & Chandel, 1996).

Menurut Cox (1996) ekologi dapat didefinisikan sebagai “ilmu pengetahuan yang mempelajari sistem ekologi”. Suatu sistem adalah satu perangkat berbagai unsur atau komponen yang terikat bersama oleh interaksi antarkomponen secara teratur”. Suatu sistem ekologi dibentuk oleh satu atau lebih makhluk hidup dan lingkungannya yang akan saling berinteraksi satu sama lain.

Dalam lingkungan hidup di bumi (biosfer), tumbuhan merupakan masyarakat makhluk hidup yang mempunyai kemampuan menangkap, mengikat, dan mengubah energi sinar matahari menjadi energi bentuk lain yang dapat dimanfaatkan untuk dirinya sendiri dan makhluk hidup lainnya. Salah satu ciri tumbuhan yaitu memiliki butir pigmen hijau daun atau klorofil sehingga dapat melakukan fotosintesis. Secara taksonomis sesuai dengan sistematika makhluk hidup, disiplin ilmu ekologi dapat dikelompokkan menjadi bidang kajian ekologi tumbuhan, ekologi hewan atau ekologi mikroba (jasad renik) (Resosoedarmo *dkk*, 1984).

“Flora” adalah tumbuhan yang terdapat di suatu wilayah, sedangkan vegetasi adalah masyarakat tumbuhan dalam arti luas yang disusun oleh berbagai jenis tumbuhan yang terdapat di dalam suatu ekosistem. “**Konsosiasi**” adalah variasi vegetasi yang dikuasai oleh satu jenis tumbuhan saja, sedangkan “**asosiasi**” adalah satuan di dalam masyarakat tumbuhan yang diberi nama sesuai dengan jenis tumbuhan yang dominan (Gambar 1.2).

Penelaahan dalam ekologi dapat juga dikelompokkan dalam dua bidang kajian yang berhubungan dengan tumbuhan, hewan, atau mikroba, yaitu “sinekologi” dan “autekologi”. **Sinekologi** sering disebut sebagai “ekologi komunitas”, yaitu kajian ekologi yang mempelajari komunitas makhluk hidup sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi antara berbagai jenis makhluk hidup dengan lingkungan di sekitarnya.



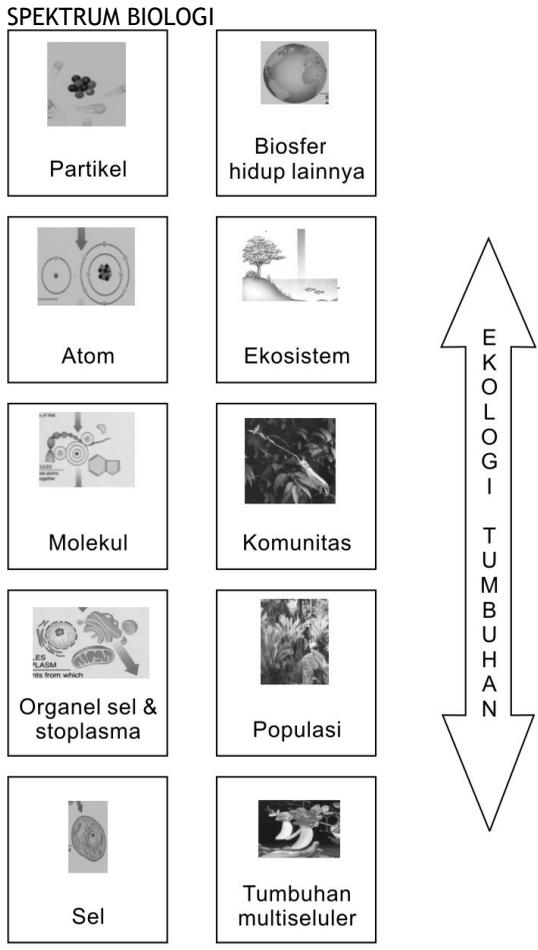
Gambar 1.2
Konsosiasi dan asosiasi

Autekologi adalah kajian ekologi yang hanya mempelajari satu jenis makhluk hidup atau populasi saja, yang berinteraksi dengan sesama jenis dan lingkungannya, terutama dalam hubungannya dengan sejarah kehidupan atau “fenologi”nya, disebut juga dengan “**ekologi populasi**” (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974; Tarumingkeng, 1994). Menurut Setiadi (1989) autekologi merupakan kajian tentang individu organisme atau individu spesies, menyangkut

riwayat hidup dan kelakuannya dalam arti menyesuaikan diri dengan lingkungannya. Sedangkan sinekologi mempelajari organisme yang merupakan satu kesatuan, dan dikenal sebagai “ekologi komunitas”.

Pada dasarnya, Ekologi Tumbuhan merupakan suatu ilmu pengetahuan yang menelaah berbagai aspek ekologi dari tumbuhan, baik komunitas tumbuhan (vegetasi atau flora) secara keseluruhan maupun populasi tumbuhan secara khusus. Kajian populasi tumbuhan tersebut dapat meliputi lingkungan darat (terestris) dan lingkungan perairan (akuatik). Mueller-mbois & Ellenberg (1974) mendefinisikan ekologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari bagaimana suatu masyarakat tumbuhan, flora atau vegetasi di suatu wilayah berinteraksi secara timbal balik dengan tumbuhan lain atau dengan makhluk hidup lain dan dengan lingkungannya, pada lingkungan hidupnya. Awal kajian tentang peranan faktor lingkungan terhadap masyarakat tumbuhan dikemukakan pertama kali oleh Alexander von Humbold pada tahun 1805, yang menyatakan bahwa masyarakat tumbuhan dan distribusinya berhubungan erat dengan kondisi habitat dan lingkungan fisiknya. Penelitiannya terutama berdasarkan pemahaman tentang penyebaran (distribusi) dan geografi tumbuhan yang berhubungan erat dengan tempat tumbuh dan peri kehidupannya (Brewer, 1994).

Ruang lingkup penelaahan ekologi tumbuhan seperti dalam kajian ekologi pada umumnya, meliputi biota yang terdapat dalam tingkatan organisasi mulai dari individu (spesies atau jenis), populasi, komunitas, sampai dengan ekosistem yang terdapat dalam biosfer (Gambar 1.3).



Gambar 1.3
Ekologi Tumbuhan dalam Organisasi Biologi (Spektrum Biologi)

B. PRINSIP DASAR EKOLOGI TUMBUHAN

Konsep yang menjadi dasar kajian ekologi tumbuhan adalah tumbuhan dan makhluk hidup lain memiliki kemampuan untuk bereaksi dan melakukan respon terhadap berbagai pengaruh faktor fisik dan kimia (abiotik) serta makhluk hidup (biotik) seperti, perubahan suhu udara, intensitas cahaya, kelembaban udara atau curah hujan, dan naungan oleh tumbuhan lain yang terdapat di sekitarnya.

Reaksi dan respon tumbuhan terhadap faktor tersebut akan tampak dari berbagai cara, misalnya bentuk reaksi tumbuhan terhadap pengaruh lingkungan akan tampak pada sifat adaptasi dan toleransi, pola sebaran, kelimpahan, dan keanekaragaman jenis, aktivitas fisiologi, serta cara bereproduksi.

Dalam ekologi tumbuhan, satuan dasar ekologi yang menjadi kajian tentang interaksi tumbuhan dengan berbagai faktor ekologi dalam lingkungannya adalah kajian tentang sistem ekologi atau “ekosistem”. Berdasarkan struktur ekosistem, terdapat tiga hal yang menjadi kunci penelaahan ekologi yaitu **individu** (jenis atau spesies), populasi, dan komunitas tumbuhan. Tumbuhan sebagai satu kesatuan makhluk hidup secara individual, merupakan suatu tingkatan taksonomis yang disebut jenis atau spesies. Spesies tumbuhan secara umum dapat didefinisikan sebagai organisme yang dapat melakukan perkawinan atau persilangan dengan tumbuhan sesamanya untuk menghasilkan turunan fertil. Dalam ekologi tumbuhan, secara genetis individu tumbuhan satu-persatu merupakan suatu wujud makhluk hidup yang tampak seragam dan bersama-sama dengan lingkungannya membentuk satuan ekologi.

Penelaahan tentang ekologi individu pada dasarnya berhubungan erat dengan aspek bagaimana tumbuhan berinteraksi dengan makhluk hidup lain dan lingkungan mikro di sekitarnya, yang secara individual akan menyesuaikan diri terhadap pengaruh berbagai faktor lingkungannya. Penelaahan tentang ekologi individu akan menghasilkan informasi yang berguna untuk mengungkapkan gambaran lengkap tentang kumpulan suatu jenis tumbuhan yang sama, yang dinamakan **populasi tumbuhan**.

Populasi tumbuhan terbentuk dari suatu kelompok individu dari jenis tumbuhan sama yang dapat berkembangbiak antarjenis. Kebersamaan sebagai suatu kumpulan jenis tumbuhan akan terpelihara oleh perkembangbiakan antarjenis melalui pertukaran antargen sehingga jenis tersebut akan merupakan suatu kelompok individu yang mempunyai gen yang sama pula. Perbedaan kecil yang mungkin terdapat oleh adanya pengaruh lingkungan atau habitat setempat antara populasi tumbuhan merupakan dasar seleksi alam yang berlangsung secara evolusi.

Kumpulan populasi dari berbagai jenis tumbuhan yang terdapat atau menempati suatu wilayah tertentu akan membentuk suatu komunitas tumbuhan. Suatu komunitas tumbuhan tidaklah selalu harus terdapat pada suatu wilayah atau habitat yang luas dengan berbagai jenis tumbuhan yang menyusunnya dan makhluk hidup lain yang hidup bersamanya, seperti di hutan, rawa atau padang lamun. Pada kenyataannya, komunitas tumbuhan dapat mempunyai ukuran yang

relatif tidak besar, seperti komunitas tumbuhan air di dalam akuarium. Dalam suatu ekosistem individu, populasi dan komunitas tumbuhan cenderung tidak pernah sepenuhnya dalam keadaan mantap, tetapi cenderung dalam keadaan keseimbangan yang mudah goyah.

Berbagai kaidah ekologi yang berlangsung secara terus-menerus akan mengakibatkan berbagai proses seperti interaksi, toleransi, adaptasi, fisiologi, asosiasi, dan suksesi membentuk keseimbangan dinamis atau homeostasis untuk skala waktu tertentu. Dalam ekologi tumbuhan, konsep dasar ekologi yang penting dipelajari antara lain:

1. konsep ekosistem, komunitas, dan populasi;
2. pengaruh faktor lingkungan terhadap tumbuhan dan peranan faktor lingkungan sebagai faktor pembatas;
3. struktur dan komposisi vegetasi suatu ekosistem atau habitat;
4. alir energi dan daur biogeokimia melalui metabolisme, siklus hara mineral, dan siklus air;
5. hubungan tempat tumbuh dengan:
 - a. komposisi dan struktur vegetasi;
 - b. penyebaran jenis-jenis tumbuhan;
 - c. fenologi tumbuhan (musim berbunga atau berbuah);
 - d. interaksi dengan makhluk hidup lainnya
6. hubungan antara kesuburan tanah, iklim, dan faktor lain dengan produktivitas tumbuhan;
7. proses klimaks dan suksesi tumbuhan;
8. adaptasi tumbuhan;
9. sebaran tumbuhan (fitogeografi).

Penelaahan tentang hal tersebut sebagian besar akan dipelajari pada modul-modul berikutnya.



LATIHAN

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

- 1) Apakah yang dimaksud dengan ekologi dan ekologi tumbuhan?
- 2) Apa yang dimaksud dengan lingkungan biotik dan abiotik?

- 3) Jelaskan bagaimana hubungan timbal balik antara tumbuhan dengan lingkungannya berlangsung!
- 4) Apakah yang dimaksud dengan tumbuhan, vegetasi, flora, spesies, populasi, dan komunitas tumbuhan?
- 5) Apakah yang dimaksud dengan pengertian sinekologi dan autekologi?

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab soal-soal latihan, Anda harus mempelajari Kegiatan Belajar 1, terutama mengenai (1) definisi dan pengertian dasar tentang ekologi dan ekologi tumbuhan sebagai cabang biologi, (2) lingkungan yang menyusun sistem ekologi, berupa lingkungan biotik (lingkungan yang terdiri atas makhluk hidup) dan lingkungan abiotik (lingkungan tak hidup), (3) beberapa pengertian yang dimaksud dengan istilah tumbuhan, vegetasi dan flora, serta istilah spesies, populasi, dan komunitas, (4) bagaimana ekologi atau ekologi tumbuhan dikelompokkan berdasarkan pembahasan tentang sekumpulan tumbuhan sejenis (populasi) atau masyarakat tumbuhan (komunitas).



RANGKUMAN

1. Ekologi adalah ilmu yang mempelajari interaksi atau hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya. Ekologi tumbuhan adalah ilmu pengetahuan yang secara spesifik mempelajari interaksi tetumbuhan dengan lingkungan tempat hidupnya
2. Lingkungan sebagai suatu faktor ekologi yang terdapat di sekitar tetumbuhan dan makhluk hidup lain dapat terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik. Lingkungan biotik (makhluk hidup) adalah lingkungan yang terdiri atas semua unsur makhluk hidup yang ada (tumbuhan, hewan, atau mikrobiota) dan lingkungan tak hidup (abiotik), misalnya habitat, air, dan cahaya.
3. Habitat sebagai faktor lingkungan tempat tinggal makhluk hidup dalam melaksanakan kehidupannya akan memengaruhi kehidupan tumbuhan dan makhluk lainnya. Misalnya air, bahan-bahan mineral dan nutrien, serta cahaya matahari adalah faktor abiotik yang berguna untuk proses sintesis. Hasil fotosintesis yang berupa karbohidrat dapat dimanfaatkan pula oleh makhluk hidup lain sebagai sumber energi.
4. Dalam suatu sistem ekologi, tumbuhan sebagai satu kesatuan makhluk hidup secara individu disebut **jenis** atau **spesies**, yang kemudian

berkelompok dengan sesama jenisnya membentuk populasi tumbuhan. Kumpulan berbagai jenis tumbuhan bersama-sama membentuk komunitas tumbuhan.

5. Kajian aspek Ekologi Tumbuhan yang hanya pada tingkat populasi tumbuhannya saja dinamakan **autekologi** (ekologi populasi), misalnya tentang aspek tahapan kehidupan atau respon dan penyesuaian diri terhadap faktor lingkungan. Jika kajian aspek ekologi meliputi berbagai populasi tumbuhan dari bermacam-macam jenis (masyarakat tumbuhan) maka kajiannya tersebut dinamakan **sinekologi** (ekologi komunitas), misalnya interaksi antara tumbuhan satu sama lain dalam memanfaatkan air dan nutrien atau persebarannya.



TES FORMATIF 1

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Salah satu faktor yang bukan termasuk faktor abiotik adalah
 - A. angin
 - B. cahaya matahari
 - C. kapur barus
 - D. tanah atau lahan
- 2) Tokoh ilmuwan yang menyatakan bahwa terdapat 3 jenis interaksi dalam ekosistem adalah
 - A. Reiter
 - B. Samingan
 - C. Resosoedarmo, *dkk*
 - D. Clements
- 3) Sekelompok individu yang terdiri atas satu jenis tumbuhan dinamakan
 - A. spesies
 - B. flora
 - C. komunitas
 - D. populasi
- 4) Hubungan timbal balik antara tumbuhan dengan lingkungan fisiknya dinamakan
 - A. respon
 - B. koaksi
 - C. aksi
 - D. reaksi

- 5) Mikrobiota adalah makhluk hidup yang
 - A. mempunyai butir hijau daun atau klorofil
 - B. terdiri atas makhluk hidup jasad renik
 - C. terdiri atas jamur, bakteri, dan protozoa
 - D. hidup di dalam tanah

- 6) Peran dan fungsi ekologi berbagai jenis tumbuhan dalam memanfaatkan energi matahari dan nutrisi untuk kehidupannya, merupakan konsep ekologi dapat menjelaskan ...
 - A. interaksi tumbuhan dengan faktor ekologi
 - B. mengetahui konsep ekologi dan ilmu pengetahuan lainnya
 - C. menjelaskan konsep dinamika populasi
 - D. membahas proses suksesi

- 7) Keberadaan tumbuhan sebagai makhluk hidup di dalam suatu lingkungan, dalam suatu habitat atau dalam suatu ekosistem tertentu, merupakan bagian dari
 - A. komponen ekosistem
 - B. lingkungannya sendiri
 - C. interaksi dengan habitatnya
 - D. interaksi yang bersifat koaksi

- 8) Ilmuwan yang pertama kali mendefinisikan ekologi sebagai ilmu pengetahuan yang mempelajari interaksi makhluk hidup di “rumah” atau di “alam” sekitarnya, sebenarnya adalah
 - A. Shukla & Chandel
 - B. E. Haeckel
 - C. H. Reiter
 - D. Mueller-Dombois & Ellenberg

- 9) Pada ekologi tumbuhan konsep dasar yang penting dalam mempelajari hubungan tumbuhan dengan tempat tumbuhnya antara lain mencakup
 - A. komposisi dan struktur vegetasi
 - B. interaksi dan konsep ekosistem
 - C. adaptasi dan alir energi
 - D. fenologi dan penyebaran jenis tumbuhan

- 10) Hubungan interaksi makhluk hidup dengan lingkungan dapat melalui berbagai cara seperti aksi, reaksi atau koaksi. Interaksi aksi berlangsung antara
- A. bakteri nitrit dengan substrat dan enzim
 - B. burung dengan udara atmosfer dan angin
 - C. tumbuhan dengan tanah dan sinar matahari
 - D. fitoplankton dengan perairan dan lumpur

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 1 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 1.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 2. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 1, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Pautan Ekologi Tumbuhan dengan Ilmu Pengetahuan Lain

Ekologi tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan alam yang secara kualitatif dan kuantitatif relatif masih baru, proses perkembangannya berlangsung secara berangsur-angsur. Bahan kajian ekologi tumbuhan meliputi tumbuhan, makhluk hidup lainnya, dan lingkungan kimia-fisik di sekitarnya yang terdapat dalam suatu sistem ekologi atau ekosistem. Dalam mendukung pembelajaran berbagai komponen ekosistem baik komponen biotik maupun komponen abiotik, ekologi tumbuhan mempunyai hubungan hampir dengan semua ilmu pengetahuan lain, terutama ilmu pengetahuan alam.

Permasalahan ekologi harus dipandang dari berbagai sudut dan dengan bantuan ilmu-pengetahuan lain terutama dalam mempelajari secara analitis ruang, lingkup, dan hal-hal yang berhubungan dengan pengetahuan ekologi tumbuhan. Misalnya untuk mengetahui dan memahami hubungan timbal balik antara tumbuhan dengan sesama makhluk hidup dan lingkungan abiotik (kimia-fisik), maka ilmu pengetahuan lain dapat membantu menjelaskan tentang komponen ekosistem, makhluk hidup, dan lingkungannya secara fisik atau kimia. Salah satu contoh apabila mengkaji tentang kaidah-kaidah ekologi tumbuhan yang berhubungan dengan pemanfaatan sumber daya alam tumbuhan terhadap pengaruh pertumbuhan penduduk dan pencemaran, terhadap vegetasi pohon di hutan tropika, pengaruh efek rumah kaca, akibat adanya lubang ozon di atmosfer atau pemanasan global, maka harus membahasnya melalui disiplin ilmu biologi. Selain itu, juga diperlukan berbagai ilmu pengetahuan lain seperti ilmu fisika, ilmu kimia, ilmu tanah, klimatologi, pertanian, kehutanan sebagai ilmu penunjang Ekologi Tumbuhan.

A. HUBUNGAN EKOLOGI TUMBUHAN DENGAN ILMU PENGETAHUAN LAIN

Ekologi tumbuhan yang merupakan salah satu cabang disiplin ekologi, mempunyai ruang lingkup penelaahannya yang sangat luas. Dalam tingkatan organisasi biologi (Gambar 1.3), kajian ekologi untuk membahas berbagai aspek interaksi makhluk hidup dengan lingkungan meliputi berbagai tingkatan, mulai

dari tingkatan satu jenis makhluk hidup (spesies), populasi, komunitas, sampai ekosistem dalam lingkungan biosfer (ekosfer). Untuk mempelajari dan memahami berbagai aspek interaksi antara tumbuhan dengan makhluk hidup lain dari berbagai tingkatan seperti tersebut di atas, Diperlukan bidang ilmu pengetahuan yang dapat mendukung dan menjelaskannya (Setiadi *dkk*, 1989). Disiplin ilmu pengetahuan yang termasuk kategori penting dan diperlukan antara lain:

1. Ilmu Pengetahuan Alam

- a. **Ilmu fisika** berperan karena dalam ekologi tumbuhan, pada pengukuran faktor-faktor fisik seperti struktur dan kepadatan tanah, sinar matahari, perubahan suhu, daya serap air, curah hujan, kelembaban udara, dan sebagainya.
- b. **Ilmu kimia** berperan penting, karena dalam ekologi tumbuhan berbagai proses kimia yang berlangsung, baik di dalam maupun di luar tubuh tumbuhan membutuhkan kajian untuk mendapatkan rumusan berbagai proses kimia yang berlangsung serta prediksi secara kualitatif dan kuantitatif berbagai proses ekologi.
- c. **Matematika** dan **statistika** berperan penting dalam ekologi tumbuhan karena diperlukan pada berbagai perhitungan atau pembobotan berkaitan tentang jenis, populasi atau komunitas suatu organisme dalam suatu ekosistem secara kualitatif atau kuantitatif. Di samping itu, juga diperlukan dalam analisis secara matematik dan statistik dalam pembahasan suatu masalah. sebagai contoh dengan memanfaatkan matematik dapat diprediksi apa yang akan terjadi bila suatu parameter lingkungan (misalnya habitat, kadar, dan jenis pupuk) dapat diubah-ubah dan bagaimana pengaruhnya terhadap produktivitas tumbuhan.

2. Ilmu-ilmu Biologi selain Ekologi

Penyebaran, adaptasi, aspek-aspek relung (peran dan fungsi tumbuhan) serta struktur komunitas vegetasi banyak dipelajari dalam ekologi tumbuhan. Pemahaman beragam peristiwa tersebut mempunyai hubungan yang erat dengan disiplin ilmu-ilmu biologi lain seperti taksonomi, morfologi, fisiologi, fitogenetik, dan sebagainya.

- a. **Taksonomi**: Bidang disiplin ilmu taksonomi sangat diperlukan untuk mengetahui nama dan mengenal jenis-jenis tumbuhan yang akan diteliti. Diperlukan informasi pengenalan jenis yang praktis, terutama dari "flora

setempat" yang bersifat komprehensif. Pengenalan jenis tumbuhan dititikberatkan pada sifat atau ciri ciri generatif (reproduktif) berdasarkan sifat, struktur anatomi dan morfologi bunga dan buah. Selain itu, juga diperlukan cara pengenalan jenis tumbuhan berdasarkan sifat vegetatif dan bentuk hidup (*life form*) tumbuhan seperti sifat struktur daun, kuncup atau batang (kulit, getah, dan kayu), bentuk penampilan tumbuhan apakah berbentuk pohon, perdu, atau liana. Cara pengenalan ini pada umumnya tidak terikat pada sistem taksonomi tumbuhan. Pengenalan tumbuhan dengan cara demikian di Indonesia telah dirintis antara lain oleh **Enderit dan Verteegh** untuk tumbuhan berupa pohon di hutan (Kusmana & Istomo, 1995).

- b. **Struktur tumbuhan:** Bidang disiplin struktur tumbuhan dalam ekologi tumbuhan sangat penting karena berbagai aspek pengaruh lingkungan fisik terhadap sifat-sifat adaptasi dan toleransi tumbuhan akan tampak pada penampilan bentuk-bentuk anatomi dan morfologi. Berbagai formasi vegetasi di bumi sering disusun berdasarkan sifat-sifat penampilan struktur tubuh tumbuhan (fisiognomi) atau sifat-sifat ekologiannya. Misalnya pada formasi hutan *xeromophic*, yaitu hutan dengan tipe vegetasi kebanyakan terdapat di daerah kering, sebagian besar tumbuhannya didominasi oleh tumbuhan *xerophytes*. Tumbuhan *xerophytes* merupakan tumbuhan yang hidup pada habitat kering atau *xeric*, yaitu habitat yang mempunyai persediaan air sangat terbatas, kelembaban udara rendah, dan suhu yang tinggi. Pada umumnya karakteristik struktur tubuh tumbuhan *xerophytes* memiliki sifat-sifat adaptasi seperti mampu mengabsorpsi sebanyak mungkin air dari lingkungannya, mengurangi transpirasi seminimal mungkin, mampu menahan air untuk periode yang lama dan dapat mengontrol penggunaan konsumsi air. Selain itu, tumbuhan *xerophytes* juga mempunyai ciri-ciri struktur tubuh antara lain: siklus hidup pendek, batang keras dan berselaput lilin, akar berkembang dengan baik dan bercabang-cabang, daun kecil, bersisik atau *succulent*, biji masak sebelum musim kering, dan berkecambah dengan siklus yang pendek.
- c. **Fisiologi tumbuhan dan biokimia:** Informasi data tentang fisiologi tumbuhan sangat berguna untuk mempelajari berbagai proses metabolisme dan proses kehidupan tumbuhan. Namun, akan menjadi komprehensif bila disandingkan pula kajian biokimia yang mampu menjelaskan bagaimana sinkronisasi proses kimia berhubungan dengan berbagai aktivitas fisiologi tersebut. Misalnya bagaimana proses fotosintesa berlangsung atau

penurunan laju kecepatan transpirasi dipengaruhi oleh adanya kenaikan suhu lingkungan, dan bagaimana enzim tertentu mengatur hal tersebut. Selain itu, informasi ekologi yang berhubungan dengan fenologi tumbuhan seperti proses pembungaan dengan pendekatan autekologi, cenderung memanfaatkan pengetahuan tentang fisiologi bunga, misalnya tentang **fotoperiodisitas** yaitu pengaruh lamanya penyinaran terhadap proses pembungaan.

- d. **Fitogenetika.** Fitogenetika atau genetika tumbuhan diperlukan untuk mengkaji bagaimana suatu jenis tumbuhan dengan sebaran yang sangat luas sering memperlihatkan perbedaan menurut letak geografi dan kondisi lingkungan. Perbedaan tersebut bukan saja terdapat dalam bentuk pertumbuhan tetapi sering berkaitan dengan kemampuan adaptasi dan preferensi ekologi (persyaratan ekologi) terhadap keadaan tempat tumbuhnya yang bersifat menurun (hereditas). Sifat hereditas yang dimaksud dari sifat-sifat genetika setempat yang terjadi karena adanya mutasi atau peristiwa poliploidi. Adakalanya jika suatu daerah merupakan daerah penyebaran jenis tumbuhan yang berasal dari dua wilayah saling berdekatan atau berimpitan (disebut sebagai **daerah ekoton**) maka di daerah tersebut sering terjadi hibridisasi antara dua jenis tumbuhan yang berasal dari kedua wilayah. Hal tersebut mengakibatkan pada daerah ekoton akan terdapat jenis tumbuhan baru dengan ciri-ciri yang berasal dari dua induk yang berbeda wilayah.
- e. **Biogeografi.** Dalam disiplin ilmu biologi terdapat kajian yang secara khusus membahas penyebaran makhluk hidup disebut **biogeografi**. Biogeografi yang secara khusus mempelajari dan membahas penyebaran tumbuhan di berbagai wilayah di seluruh dunia dinamakan **fitogeografi**. Fitogeografi pada dasarnya merupakan induk kajian awal perkembangan pengetahuan ekologi yang mempelajari pengaruh lingkungan seperti topografi wilayah memengaruhi penyebaran tumbuhan. Berdasarkan disiplin ilmu pengetahuan tersebut kemudian berkembang pengetahuan ekologi tumbuhan dan sosiologi tumbuhan.

3. Ilmu Tanah, Geologi dan Geomorfologi

- a. **Ilmu tanah** secara murni dinamakan **pedologi**, tetapi pengetahuan yang secara khusus mempelajari tanah sebagai tempat tumbuh-tumbuhan disebut **edafologi**. Perbedaan jenis tanah, sifat-sifat fisik, dan keadaan/kemiringan

lahan atau tanah seringkali memengaruhi persebaran tumbuhan sehingga dapat berpengaruh terhadap beragam tipe vegetasi dan jenisnya.

- b. **Geologi dan geomorfologi** dalam ekologi tumbuhan diperlukan karena struktur geologi dan geomorfologi lapisan bumi sebagai habitat tempat tumbuh-tumbuhan sangat memengaruhi sifat tanah, kehidupan tumbuhan, dan penyebarannya. Pada iklim yang sama tetapi dengan struktur batuan yang berbeda akan terbentuk jenis tanah yang berlainan. Keadaan topografi tanah sangat memengaruhi komposisi dan kesuburan komunitas vegetasi yang ada. Selain itu, perbedaan ketinggian (*altitude*) juga akan berpengaruh terhadap persebaran jenis tumbuhan karena kondisi iklim setempat yang berbeda-beda.

4. Klimatologi

Klimatologi adalah ilmu pengetahuan yang membahas hal ikhwal tentang iklim. Dalam ekologi faktor iklim perlu diketahui dan sangat diperlukan untuk mempelajari berbagai aspek penyebaran dan proses kehidupan tumbuhan, misalnya waktu tumbuhan tertentu mulai berbunga. Iklim adalah faktor lingkungan terpenting yang akan memengaruhi semua aktivitas kehidupan dalam lingkungan biosfer. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap iklim di bumi antara lain cahaya matahari, suhu udara, curah hujan, kelembaban udara, dan angin. Faktor-faktor lingkungan tersebut sangat besar pengaruhnya terhadap proses metabolisme, reproduksi, pertumbuhan dan perkembangan, serta suksesi tumbuhan. Di samping itu, terdapat iklim setempat atau iklim mikro yang cenderung sangat dipengaruhi oleh vegetasi yang ada dan faktor-faktor lingkungan seperti topografi, fisiografi wilayah, dan kecepatan angin setempat. Ketinggian wilayah juga mempunyai peran penting terhadap perubahan iklim mikro, pengaruhnya antara lain terhadap sifat-sifat fenologi tumbuhan yang berhubungan erat dengan proses reproduksi seperti proses pembungaan, masa berbuah, produksi biji, dan berbagai proses fisiologi lainnya.

Selain itu, masih terdapat berbagai ilmu pengetahuan lain seperti ilmu demografi, ekonomi, sosial, teknik, dan lain-lain yang dapat digunakan untuk penerapan dan pemanfaatan pengetahuan ekologi tumbuhan dalam mendukung tercapainya kesejahteraan manusia, pelestarian sumber daya alam, dan berbagai masalah lingkungan.



LATIHAN

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

- 1) Sebutkan beberapa ilmu pengetahuan yang berperan dalam berbagai proses ekologi dan penelitian ekologi tumbuhan!
- 2) Mengapa ilmu pengetahuan tersebut diperlukan? Jelaskan!
- 3) Sebutkan faktor-faktor lingkungan yang sangat memengaruhi iklim? Jelaskan!
- 4) Faktor iklim sangat berperan dalam penyebaran tumbuhan di bumi. Jelaskan!
- 5) Kaidah-kaidah ekologi tumbuhan melalui pendekatan matematik atau statistik dapat dijelaskan! Berikan penjelasan tentang hal tersebut!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab soal-soal latihan, Anda harus mempelajari materi pada Kegiatan Belajar 2 tentang 1) latar belakang peranan ilmu pengetahuan lain dalam memahami ekologi tumbuhan, 2) beberapa jenis ilmu pengetahuan dasar yang dapat membantu kaidah-kaidah ekologi tumbuhan, 3) peranan matematika dan statistik dalam membantu konsep ekologi tumbuhan, terutama untuk mengukur dan menghitung berbagai besaran dan pembobotan makhluk hidup dan lingkungannya, serta analisisnya, 4) peran iklim terhadap makhluk hidup dan faktor-faktor yang memengaruhinya,



RANGKUMAN

1. Ekologi Tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan alam yang masih baru memerlukan dukungan ilmu pengetahuan lainnya sebagai alat untuk dapat menjelaskan interaksi antara tumbuhan dengan makhluk hidup lainnya. Kajian dan penelaahan Ekologi Tumbuhan dapat meliputi berbagai tingkatan dalam organisasi biologi makhluk hidup, yang mencakup berbagai jenis, populasi, komunitas tumbuhan, dan ekosistem dengan lingkungan biotik dan abiotiknya.
2. Ekologi Tumbuhan sebagai ilmu pengetahuan dapat dimanfaatkan dan diterapkan bagi kehidupan manusia misalnya untuk pemanfaatan

sumberdaya alam, pengaruh kerusakan vegetasi hutan terhadap ekosistem bumi, dan kerusakan lingkungan akibat pencemaran terhadap tumbuhan yang memerlukan ilmu pengetahuan lain untuk menunjangnya.

3. Disiplin ilmu pengetahuan lain yang berkaitan dengan pemberian nama tumbuhan dan kondisi habitat hidupnya, tanah dan sifat-sifat kimiawi, pengaruh iklim, berbagai proses fisiologi dan metabolisme, reproduksi, dan pola sebaran tumbuhan diperlukan untuk memahami interaksi antara komponen biotik dan komponen abiotik dalam ekosistem.
4. Berbagai disiplin baik di dalam maupun di luar ilmu biologi dan ilmu pengetahuan alam lainnya seperti ilmu tanah, geologi, geomorfologi, klimatologi, dan lain-lain diperlukan untuk dapat memahami dan menjelaskan berbagai interaksi dalam ekologi tumbuhan.
5. Ilmu pengetahuan alam seperti fisika, kimia, dan matematika sangat membantu ekologi tumbuhan dalam menjelaskan berbagai komponen biotik maupun komponen abiotik berdasarkan struktur fisik, kimia, maupun pengukuran dan pembobotan secara matematis.
6. Ilmu biologi lain dapat dimanfaatkan dalam ekologi tumbuhan untuk memahami jenis dan komposisi tumbuhan, sebaran dan keanekaragaman, berbagai proses fisiologi dan reproduksinya melalui pendekatan ilmu pengetahuan tentang struktur tumbuhan, taksonomi tumbuhan, fisiologi, genetik, dan biogeografi.
7. Klimatologi sangat penting bagi ekologi tumbuhan. Tumbuhan sebagai makhluk hidup yang bersifat menetap sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan di sekelilingnya, antara lain iklim. Faktor iklim dapat menentukan jenis-jenis ekosistem yang ada, komunitas dan jenis tumbuhan, serta pola sebarannya. Berbagai faktor yang dapat memengaruhi iklim, misalnya cahaya matahari, suhu lingkungan, curah hujan, kelembaban udara, dan angin.



TES FORMATIF 2

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Ilmu pengetahuan dirasa penting dan yang dapat memahami berbagai kaidah ekologi tumbuhan adalah
 - A. Biologi dan IPA
 - B. Ilmu Tanah
 - C. Klimatologi
 - D. jawaban A-B-C benar

- 2) Ilmu pengetahuan lain yang diperlukan untuk membantu memahami mengenai tumbuhan yang tinggal, hidup, dan berinteraksi dengan lingkungannya (biotik dan abiotik), yaitu
 - A. taksonomi
 - B. biogeografi
 - C. ilmu tanah
 - D. matematik dan statistik

- 3) Kajian ilmu pengetahuan yang diperlukan untuk membantu menjelaskan berbagai proses ekologi seperti fotosintesis, pemanfaatan mineral, dan unsur hara adalah...
 - A. biokimia
 - B. fisiologi
 - C. biogeografi
 - D. demografi

- 4) Faktor iklim yang tidak berpengaruh terhadap penyebaran (distribusi dan dispersal) tumbuhan adalah
 - A. angin
 - B. curah hujan dan cahaya
 - C. suhu udara dan kelembaban
 - D. tanah

- 5) Selain IPA, dalam ekologi tumbuhan juga diperlukan ilmu pengetahuan lain yaitu Ekonomi dan Demografi. Masalah ekologi tumbuhan yang tidak dijelaskan, antarlain
 - A. pemanfaatan sumber daya alam
 - B. pelestarian hutan
 - C. masalah pencemaran dan lingkungan
 - D. semua jawaban tidak benar

- 6) Iklim mikro atau iklim setempat merupakan habitat yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Kajian iklim mikro dipengaruhi oleh
 - A. biogeografi dan iklim
 - B. klimatologi dan iklim
 - C. ilmu fisika, kimia, dan sinar matahari
 - D. geomorfologi dan kelembaban

- 7) Ilmu pengetahuan lain yang diperlukan untuk mendukung dalam mempelajari dan memahami aspek interaksi antara tumbuhan, makhluk hidup dan lingkungannya yaitu
 - A. biologi, statistik, dan sejarah
 - B. anatomi, geografi, dan fitogenetik
 - C. ilmu pengetahuan alam dan komputer
 - D. mikrobiologi, biogeografi, dan geomorfologi

- 8) Ilmu pengetahuan alam, selain fisika, kimia, dan matematika sangat membantu ekologi tumbuhan dalam menjelaskan berbagai aspek, seperti
 - A. umur, warna, dan kelangsungan hidup
 - B. reproduksi, sifat genetis, dan sebarannya
 - C. jenis, populasi tumbuhan, dan kelipahannya
 - D. struktur fisik, kimia lahan, dan pembobotan biota

- 9) Geologi dan geomorfologi dibutuhkan dalam ekologi tumbuhan berkaitan dengan
 - A. intensitas cahaya dan sebaran biota
 - B. bumi sebagai habitat tumbuhan
 - C. topografi dan reproduksi biota
 - D. iklim mikro dan anatominya

- 10) Dalam mempelajari pemanfaatan energi oleh tumbuhan, dipelajari hal-hal yang berkaitan dengan
 - A. alir energi, dan daur biogeokimiawi
 - B. struktur dan komposisi vegetasi
 - C. produktivitas tumbuhan
 - D. adaptasi dan toleransi

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 2 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 2.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan Kegiatan Belajar 3. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 2, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 3

Pemanfaatan dan Aplikasi Ekologi Tumbuhan

Sebagai bagian dari komponen sistem ekologi yang kompleks, manusia mempunyai peranan yang sangat besar dalam mengubah lingkungannya. Dalam hal ini, melalui pendekatan kajian dan penerapan disiplin ekologi secara umum dan ekologi tumbuhan secara khusus, sehingga dapat bermanfaat untuk kepentingan manusia dan lingkungan hidupnya. Hal tersebut dapat terwujud karena kaidah-kaidah ekologi mempunyai hubungan erat dengan kepentingan dan aspek kehidupan manusia, dan kepentingan hidup berkelanjutan dari seluruh makhluk hidup di bumi.

Dalam mengarungi hidup berkelanjutan, manusia sudah selayaknya mempunyai kearifan dalam memanfaatkan sumber alam dan menjaga kondisi lingkungan hidupnya. Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan penduduk, serta kegiatannya dalam memanfaatkan, mengeksploitasi sumber daya alam, melaksanakan pembangunan (permukiman dan industri), dan penggunaan berbagai bahan berbahaya (beracun) cenderung merusak dan mempercepat terjadinya perubahan lingkungan di bumi. Penemuan baru dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan yang pada mulanya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, telah menjadi bumerang bagi kehidupan manusia jika kaidah-kaidah ekologi secara sengaja diabaikan. Pada dasarnya penerapan dan pemanfaatan ekologi tumbuhan akan sangat diperlukan karena memiliki pandangan jauh ke depan dengan tujuan untuk mengamankan ekosistem di bumi.

A. PEMANFAATAN

Dalam ekologi tumbuhan pemanfaatan kaidah-kaidah ekologi secara langsung maupun tidak langsung berhubungan erat dengan masalah kependudukan, pertanian, kehutanan, kesehatan, penyebaran penyakit, pencemaran lingkungan, dan masalah-masalah lain yang sangat penting bagi kehidupan dan kesejahteraan manusia dan lingkungannya.

Peran penting pemanfaatan kaidah-kaidah ekologi bagi upaya pelestarian sumber daya alam yang terpulihkan untuk pembangunan yang berkelanjutan

diungkap melalui kajian strategi pelestarian dunia (MacKinnon *dkk.*, 1990). Walaupun secara teoritis pemanfaatan kajian ekologi dan ekologi tumbuhan bersumber dari kajian ekologi yang bersifat relatif sederhana, namun, dalam kenyataannya pemanfaatan dan peranannya telah memberikan hasil yang memadai. Misalnya, untuk pengelolaan dan upaya konservasi hutan lindung yang bertujuan untuk melestarikan seluruh komunitas biota yang dilindungi, diperlukan pemahaman terhadap kaidah-kaidah ekologi tumbuhan. Kaidah ekologi tumbuhan yang dimaksud meliputi kondisi dan sistem ekologi dari hutan lindung yang berhubungan dengan struktur ekosistem, komposisi jenis, kelimpahan, dan keanekaragaman jenis, vegetasi, sifat kompetisi dan predasi antarmakhluk hidup, fungsi ekologi hutan, daur nutrisi dan produktivitas primer hutan.

Mempelajari dunia tumbuhan di dalam lingkungannya telah menghasilkan pengetahuan dasar yang sangat luas tentang pemanfaatan dan pengelolaan sumberdaya alam, keseimbangan sistem ekologi, dan konservasi. Ekologi tumbuhan secara khusus mempunyai peran penting dalam mengatur lingkungan agar keseimbangan sistem ekologi tidak terganggu. Di samping itu, agar kegiatan manusia dalam memanfaatkan sumber alam tetap terjaga seperti mengontrol erosi tanah melakukan rehabilitasi, restorasi, konservasi ekosistem dan vegetasi, serta kehidupan satwa liar dan habitatnya.

Pemanfaatan Ekologi Tumbuhan pada masa kini terutama dilakukan terhadap berbagai “*issue*” terakhir, terutama yang berkaitan dengan masalah pemanasan global atau “*Global Warming*”.

B. PENERAPAN

Menurut Orians (1975), penerapan berbagai kajian ekologi tumbuhan dan ilmu pengetahuan lain, ternyata meliputi hampir seluruh aspek kehidupan manusia dan lingkungan hidupnya. Penerapan ekologi tumbuhan terutama difokuskan dalam bidang pengelolaan sumberdaya alam (misalnya produksi pertanian, kehutanan, atau pertambangan) baik untuk sumberdaya alam yang dapat diperbaharui maupun tidak; upaya konservasi, preservasi, rehabilitasi, dan restorasi jenis tumbuhan, biota lain, dan habitatnya; sumber alam yang dilindungi, analisis dampak lingkungan untuk kegiatan dan pembangunan, pencemaran lingkungan; pengawasan terhadap hama dan penyakit; serta pencegahan kontaminasi bahan beracun berbahaya dan pengaruhnya terhadap tumbuhan dan lingkungan. Pada umumnya kegiatan manusia yang berkaitan

dengan hal tersebut cenderung akan memengaruhi keanekaragaman makhluk hidup yang terdapat dalam suatu ekosistem.

Salah satu “*issue*” yang mencuat pada saat ini adalah suhu udara di dalam ekosistem bumi mengalami peningkatan yang cukup signifikan dan dikenal sebagai pemanasan global atau “*global warming*”. Dampak terjadinya pemanasan global telah menimbulkan berbagai perubahan iklim global, meningkatnya radiasi ultraviolet, atau terjadinya badai “*el nino*” (Dahuri, 2003); sehingga memunculkan berbagai fenomena alam dan terganggunya fungsi ekosistem bumi. Akibat perubahan iklim tersebut berbagai wilayah mengalami bencana banjir karena naiknya permukaan laut, (tahun 1990–2100, diperkirakan naik 0,36–2,5 kaki/feet). Penyebab terjadinya permukaan air laut naik karena suhu bumi mengalami peningkatan sehingga menyebabkan mencairnya lapisan es di wilayah kutub. Sebaliknya, *global warming* juga mengakibatkan beberapa wilayah mengalami kekeringan (Gambar 1.4.).



Gambar 1.4
Mencairnya lapisan es di Kutub Utara
karena pemanasan global (*Global Warming*)

Perubahan iklim global atau *global warming* terutama disebabkan oleh meningkatnya produksi gas karbon dioksida (CO_2) dan gas lain yang dikenal dengan istilah **efek gas rumah kaca** (*greenhouse effect*). Gas tersebut disebut demikian karena molekul-molekul gasnya menyerap radiasi inframerah dan menghambat pemantulan ke luar sistem planet bumi sehingga radiasi tersebut kembali ke bumi, selain itu, meningkatnya konsentrasi radiasi inframerah akan berdampak pada meningkatkan suhu global (Qayim, 2005).

Dampak dari pemanasan global akan memengaruhi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, baik tumbuhan, hewan, ataupun mikrobiota; terutama

terhadap sistem ekologi dan masyarakatnya (Jepma & Munasinghe, 1998). Suatu tinjauan (review) terhadap hal tersebut terutama berkaitan dengan pengaruh fisik terhadap sistem ekologi dan sosial, yang disebabkan oleh peningkatan kadar CO² di atmosfer mencapai 560 ppm, telah dilakukan oleh beberapa penelitian. Selain meningkatnya emisi gas CO² sebagai pengaruh primer yang menyebabkan meningkatnya suhu global, pemanasan global juga telah menimbulkan pengaruh sekunder berupa perubahan pola presipitasi curah hujan, meningkatnya permukaan laut, rusaknya pola pertanian, meningkatnya kondisi cuaca ekstrem, dan meluasnya penyebaran penyakit di wilayah tropis.

Untuk dapat memahami dan mengatasi masalah tersebut yang timbul akibat berbagai kegiatan manusia, ekologi tumbuhan dapat menerapkan atau kaidah-kaidah ekologi, sehingga paling tidak berbagai masalah yang timbul dapat diketahui sebab-akibatnya dan dicari pemecahannya. Kaidah-kaidah ekologi yang dimaksud antara lain mencakup prinsip-prinsip tentang:

1. struktur ekosistem dan komponen-komponennya,
2. interaksi antara makhluk hidup dan lingkungannya,
3. faktor lingkungan sebagai faktor pembatas,
4. fungsi ekosistem yang mencakup alir dan transfer energi, rantai, dan jaring-jaring makanan,
5. daur biogeokimiawi,
6. proses suksesi,
7. pola adaptasi
8. dinamika masyarakat tumbuhan dan populasinya,
9. sifat-sifat toleransi dan adaptasi tumbuhan, dan
10. keberadaan dan sebaran makhluk hidup (biota), di permukaan bentang alam bumi.

Salah satu kaidah ekologi yang dikenal sebagai sifat “adaptasi” makhluk hidup, telah diantisipasi untuk mengatasi akibat timbulnya pemanasan global, ini merupakan usulan dari National Academy of Science of United State of America dalam laporan tahun 1990 “*Policy Implication of Global Warming*”. Di samping itu, *Kyoto Protocol* yang merupakan konferensi dunia yang membahas tentang pemanasan global, berlangsung di Kyoto, Jepang tahun 2005; juga menyebutkan pentingnya perilaku adaptasi terutama yang berhubungan dengan bidang tumbuhan atau pertanian sebagai pemakai CO₂ untuk fotosintesis (*carbon sink*) mengusulkan antara lain:

1. pola adaptasi adalah suatu strategi yang diperlukan dalam segala aspek untuk upaya mitigasi perubahan iklim;
2. upaya tersebut paling tidak memiliki kapasitas untuk memperoleh hasil yang menguntungkan bagi semua aspek sistem ekologi dan sosial;
3. pola adaptasi, pembangunan yang berkelanjutan dan keseimbangan perlu ditingkatkan karena merupakan suatu hal yang perlu dilakukan untuk memperoleh keadilan bersama.

Pola adaptasi yang perlu dilakukan terutama dalam hal:

1. produksi pertanian;
 - a. perlunya varietas bibit yang toleran terhadap kekeringan;
 - b. sistem pengairan/irigasi yang hemat air.
2. konservasi air hujan;
3. pengendalian dan kontrol cuaca;
4. membuat bendungan dan danau glasial;
5. teknologi kebumihan;
6. bantuan pada negara berkembang.

Manusia dalam menempuh hidup yang berkelanjutan, antara lain harus belajar memahami berbagai aspek lingkungan dan pemanfaatan sumber alam dengan cara yang dapat dipertanggung jawabkan sesuai dengan kaidah-kaidah ekologi. Selama ini pemanfaatan dan penerapan ekologi tumbuhan cenderung bersifat antroposentris, artinya pemanfaatan sumber alam sebagian besar untuk kepentingan manusia, terutama pada upaya pemanfaatan sumber alam, pengelolaan lingkungan dan pelestarian alam.

Fokus pemanfaatan kaidah-kaidah ekologi ditujukan pada upaya untuk mengurangi laju kecepatan pengurasan sumber alam dan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh makin meningkatnya berbagai kegiatan proses pembangunan dan bertambahnya jumlah penduduk.



LATIHAN

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

- 1) Mengapa berbagai kegiatan manusia sering merugikan lingkungan? Jelaskan!

- 2) Dalam hal apa saja kegiatan tersebut sering memberikan dampak perubahan lingkungan di bumi!.
- 3) Dalam pembangunan yang berkelanjutan, misalnya pendayagunaan sumber daya hutan penerapan dan pemanfaatan kaidah ekologi tumbuhan dapat bermanfaat untuk pengelolaan lingkungan. Jelaskan dan berikan contohnya!
- 4) Dalam hal apa ekologi tumbuhan dapat berperan penting terhadap pengelolaan dan konsevasi masyarakat tumbuhan? Jelaskan!
- 5) Kaidah-kaidah ekologi tumbuhan apa saja yang dibutuhkan agar dapat mengantisipasi dan memahami masalah pengelolaan sumber alam yang dapat diperbaharui, misalnya pengelolaan sumber daya hutan produksi? Jelaskan!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk menjawab soal-soal latihan, Anda harus mempelajari latihan Kegiatan Belajar 3 tentang (1) pemanfaatan ekologi tumbuhan bagi kesejahteraan masyarakat dan (2) aplikasi atau penerapan bagi kehidupan masyarakat.



RANGKUMAN

1. Manusia sebagai komponen sistem ekologi yang kompleks cenderung berpotensi dapat mengubah lingkungannya. Berbagai kegiatan manusia untuk mendukung kelangsungan hidupnya, dapat memanfaatkan kajian ekologi dengan mengamankan sistem ekologi dan memelihara kehidupan di bumi.
2. Pertumbuhan dan kegiatan penduduk, serta penggunaan berbagai temuan teknologi dan senyawa baru, cenderung menjadi bumerang bagi kehidupan dan lingkungan manusia; karena terganggunya sistem ekologi akibat diabaikannya kaidah-kaidah ekologi.
3. Berdasarkan pengkajian strategi pelestarian dunia terungkap bahwa kaidah-kaidah ekologi dapat dimanfaatkan dan diterapkan untuk pelestarian sistem ekologi dan pelestarian sumber daya alam dan pembangunan yang berkelanjutan.
4. Walaupun kajian terhadap kaidah-kaidah ekologi sifatnya relatif sederhana tetapi hasil yang diperoleh cukup memadai bila memanfaatkan dan menerapkan kaidah-kaidah ekologi dalam

- mengantisipasi dan mengatasi berbagai permasalahan yang berhubungan dengan pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan.
5. Salah satu kaidah ekologi yang dikenal sebagai sifat “adaptasi” makhluk hidup, telah diantisipasi untuk mengatasi akibat timbulnya pemanasan global. Pola adaptasi tersebut adalah (a) pola adaptasi adalah suatu strategi yang diperlukan dalam segala aspek untuk upaya mitigasi perubahan iklim; (b) upaya tersebut paling tidak memiliki kapasitas untuk memperoleh hasil yang menguntungkan bagi semua aspek sistem ekologi dan sosial; (c) pola adaptasi, pembangunan yang berkelanjutan dan keseimbangan perlu ditingkatkan karena merupakan suatu hal yang perlu dilakukan untuk memperoleh keadilan bersama.
 6. Pola adaptasi yang perlu dilakukan terutama dalam hal: produksi pertanian, konservasi air hujan, pengendalian, dan kontrol cuaca, membuat bendungan danau glasial, teknologi kebumihan, bantuan terhadap negara berkembang
 7. Untuk pemanfaatan yang berkelanjutan dan konservasi hutan lindung atau hutan produksi misalnya, penggunaan beberapa kaidah ekologi tumbuhan seperti komposisi vegetasi hutan, kelimpahan dan keanekaragaman jenis, fungsi ekologi, daur nutrisi, produksi dan proses suksesi di hutan; perlu diketahui, terutama dalam rangka mengatur sistem ekologi hutan dan mengontrol kegiatan manusia yang berhubungan dengan pemanfaatan hutan tersebut.
 - 8) Penerapan kaidah-kaidah ekologi tumbuhan untuk pemanfaatan sistem ekologi di suatu wilayah pada umumnya merupakan penerapan untuk pemanfaatan yang berkelanjutan dari suatu sumber daya alam serta upaya mencegah kerusakan terhadap lingkungan dan ekosistemnya. Misalnya yang berhubungan dengan terkurasnya sumber daya alam, kerusakan habitat, pencemaran lingkungan, atau kontaminasi bahan baracun berbahaya terhadap tumbuhan. Untuk itu perlu digunakan kaidah-kaidah ekologi secara memadai dan tepat, misalnya tentang kaidah-kaidah yang berhubungan dengan struktur dan fungsi sistem ekologi serta interaksi vegetasi dengan habitat dan lingkungannya. Walaupun pemanfaatan dan penerapan kaidah-kaidah ekologi tersebut cenderung bersifat antroposentris.

**TES FORMATIF 3**

Pilihlah satu jawaban yang paling tepat!

- 1) Sebagai bagian komponen ekosistem, manusia memiliki potensi
 - A. mengubah lingkungannya
 - B. merusak dan membangun lingkungan hidupnya
 - C. mengonservasi habitatnya
 - D. membangun dan melestarikan ekosistem

- 2) Salah satu kaidah ekologi yang dikenal sebagai sifat makhluk hidup, telah diantisipasi untuk mengatasi akibat timbulnya pemanasan global, yaitu
 - A. toleransi
 - B. adaptasi
 - C. aklimatisasi
 - D. dekomposisi

- 3) Berikut adalah penerapan ekologi tumbuhan yang menyangkut tentang adaptasi, *kecuali*
 - A. konservasi air hujan,
 - B. teknologi kebumihan
 - C. pengendalian hama
 - D. kontrol cuaca

- 4) Meningkatnya karbondioksida (CO₂) dan gas pencemar lainnya di atmosfer, telah menimbulkan
 - A. pemanasan global
 - B. lubang ozon
 - C. pencemaran udara
 - D. *greenhouse effect*

- 5) Akibat pemanasan global, pada tahun 1990-2100 permukaan air laut diperkirakan naik sekitar
 - A. 1.00 - 2.00 m
 - B. kurang dari 3.00 kaki
 - C. 0,36 - 2,5 feet
 - D. lebih dari 5.00 m

- 6) Penemuan baru di bidang ilmu pengetahuan yang bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan manusia, cenderung dapat merugikan ekosistem dan sumber daya alamnya karena
 - A. mengganggu keseimbangan ekosistem
 - B. meningkatkan kadar SO₂ di udara
 - C. menyebabkan lenyapnya habitat
 - D. menurunnya keragaman bakteri

- 7) Pada dasarnya pemanfaatan dan penerapan ekologi tumbuhan sebagai suatu ilmu pengetahuan adalah
 - A. bertujuan meningkatnya eksplorasi SDA
 - B. diperlukan untuk mengamankan kehidupan di bumi
 - C. dapat dimanfaatkan sesaat dalam eksplorasi SDA
 - D. digunakan hanya untuk eksplorasi SDA terpulihkan

- 8) Ekologi tumbuhan adalah kajian yang secara khusus mempelajari tentang
 - A. memanfaatkan dan pengelolaan sumber daya alam
 - B. menjaga keseimbangan sistem ekologi
 - C. mengontrol konservasi tanah dan erosi
 - D. konservasi sistem ekologi

- 9) Kaidah-kaidah ekologi yang dapat digunakan dalam pemanfaatan dan pengelolaan SDA, mencakup
 - A. faktor udara sebagai pembatas
 - B. interaksi antara lingkungan biosfer
 - C. struktur ekosistem dan komponennya
 - D. daur biogeokimiawi dan proses-proses interaksi

- 10) Walaupun pemanfaatan dan penerapan kaidah-kaidah ekologi relatif sederhana, hasilnya cukup memadai antara lain untuk ...
 - A. menjaga dan mengawasi pencemaran di laut
 - B. mengurangi hama penyakit dan kerusakan yang ditimbulkan
 - C. mencegah pertumbuhan penduduk yang berlebihan
 - D. mengantisipasi perubahan ekosistem dan lingkungannya

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif 3 yang terdapat di bagian akhir modul ini. Hitunglah jawaban yang benar. Kemudian, gunakan rumus berikut untuk mengetahui tingkat penguasaan Anda terhadap materi Kegiatan Belajar 3.

$$\text{Tingkat penguasaan} = \frac{\text{Jumlah Jawaban yang Benar}}{\text{Jumlah Soal}} \times 100\%$$

Arti tingkat penguasaan: 90 - 100% = baik sekali

80 - 89% = baik

70 - 79% = cukup

< 70% = kurang

Apabila mencapai tingkat penguasaan 80% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 80%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar 3, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

- 1) C. Kapur barus, karena kapur barus adalah materi biotik.
- 2) D. Clements, karena Clements adalah ilmuwan yang menyatakan pertama kali (Brewer, 1994).
- 3) D. Populasi, karena merupakan kumpulan individu yang jenisnya sama
- 4) D. Aksi, karena merupakan interaksi antara komponen biotik (tumbuhan) dengan komponen abiotik (lingkungan).
- 5) B. Terdiri atas makhluk hidup jasad renik, karena bentuknya merupakan biota mikroskopis.
- 6) A. Interaksi tumbuhan dengan faktor ekologi, karena merupakan interaksi tumbuhan dengan sinar matahari sebagai faktor ekologi.
- 7) B. Lingkungannya sendiri, karena tumbuhan merupakan bagian dari komponen ekosistem dari lingkungannya sendiri.
- 8) C. H. Reiter, karena Reiter merupakan ilmuwan terdahulu yang menelaah aspek ekologi.
- 9) D. Fenologi dan penyebaran jenis tumbuhan, karena fenologi merupakan aspek ekologi tentang hubungan tumbuhan dengan faktor ekologi.
- 10) C. Tumbuhan dengan tanah dan sinar matahari, karena tumbuhan melakukan aksi dengan tanah dan sinar matahari sebagai faktor abiotik.

Tes Formatif 2

- 1) D. Jawaban A-B-C, karena Biologi dan IPA, Ilmu Tanah, dan Klimatologi merupakan ilmu pengetahuan yang menjadi dasar Ekologi.
- 2) C. Ilmu tanah, karena ilmu tanah dapat menjelaskan tanah sebagai habitat dan sumber nutrisi.
- 3) A. Biokimia, karena Biokimia dapat menelaah berbagai proses kimia dalam ekologi.
- 4) D. Tanah.
- 5) D. Semua salah.
- 6) B. Klimatologi dan iklim.
- 7) C. Ilmu pengetahuan alam dan komputer.
- 8) D. Struktur fisik, kimia lahan, dan pembobotan biota.
- 9) C. Bumi sebagai habitat tumbuhan.

10) A. Alir energi dan daur biogeokimiawi.

Tes Formatif 3

- 1) A. Mengubah lingkungannya.
- 2) B. Adaptasi.
- 3) C. Pengendalian hama.
- 4) D. *Greenhouse effect*.
- 5) C. 0,36 - 2,5 feet.
- 6) A. Mengganggu keseimbangan ekosistem.
- 7) B. Diperlukan untuk mengamankan kehidupan di bumi.
- 8) C. Mengontrol konservasi tanah dan erosi.
- 9) C. Struktur ekosistem dan komponennya.
- 10) D. Mengantisipasi perubahan ekosistem dan lingkungannya.

Glosarium

Antroposentris	:	cara berpikir yang dilatarbelakangi kepentingan manusia.
Autekologi	:	kajian ekologi yang mempelajari jenis tumbuhan mengenai sejarah kehidupan dan perilakunya dalam menyesuaikan diri terhadap lingkungan.
Asosiasi	:	satuan di dalam masyarakat tumbuhan yang diberi nama sesuai dengan jenis tetumbuhan dominan.
Bahan beracun berbahaya	:	disebut juga B₃ , merupakan bahan atau senyawa yang dapat membahayakan makhluk hidup dan lingkungannya.
Biosfer	:	bagian dari permukaan bumi yang dihuni makhluk hidup.
Biogeografi	:	kajian biologi yang secara khusus membahas penyebaran makhluk hidup.
Faktor pembatas	:	faktor ekologi yang menjadi pembatas bagi berbagai aktivitas makhluk hidup.
Faktor lingkungan	:	berbagai faktor ekologi yang dapat memengaruhi dan dapat menjadi faktor pembatas.
Fenomena alam	:	kejadian atau gejala alam yang ditimbulkan oleh sifat atau perilaku alam, misalnya tsunami.
Fitogenetika	:	kajian genetika yang secara khusus pada tumbuh-tumbuhan.
Interaksi	:	hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya.
Kontaminasi	:	terkena atau terpaparnya makhluk hidup oleh sesuatu zat atau bahan pencemar.
Konsosiasi	:	variasi vegetasi yang dikuasai oleh satu jenis tumbuhan.
Konservasi	:	upaya mempertahankan kondisi ekosistem agar tetap lestari sebagai penunjang kehidupan dalam pelestarian alam.

- Sinekologi : kajian ekologi yang mempelajari komunitas tumbuhan (mahluk hidup) sebagai suatu kesatuan yang saling berinteraksi antara berbagai jenis makhluk hidup dengan lingkungan di sekitarnya, dikenal juga sebagai ekologi komunitas.
- Sistem ekologi : suatu sistem yang tersusun dari komponen biotik dan abiotik yang saling berinteraksi dengan sesamanya dan lingkungannya.
- Spektrum biologi : organisasi biologi yang tersusun dari unsur abiotik dan biotik (mulai dari partikel, atom, molekul, organel sel dan sitoplasma, sel, organisme, populasi, komunitas, ekosistem dan biosfer).

Daftar Pustaka

- Brewer, R. 1994. *The Science of Ecology*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders College Publishing Ltd. Co.
- Brun, C. L. McCane & G. Carp. 1994. *Biology: Exploring Life*. 2nd Ed. New York: John Wiley & Sons.
- Clapham, W. B. 1973. *Natural Ecosystem*. MacMillan Publishing Co., New York.
- Cox, W.G. 1996. *Laboratory Manual of General Ecology*. 7th ed. Dubuque: Wm. C. Brown Publishing Ltd. Co.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Desmukh, I. 1992. *Ekologi dan Biologi Tropika* (Terj.: K. Kartawinata dkk). Jakarta: Yayasan Obor.
- Heddy, S. & M. Kurniati. 1994. *Prinsip-prinsip Dasar Ekologi: Suatu Bahasan Tentang Kaidah Ekologi dan Penerapannya*. Jakarta: Raya Grafindo.
- Jepma, C.J. & M. Munasinghe. 1998. *Climate Change Policy, Facts, Issues, & Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kusmana, C. & Ismono. 1995. *Ekologi Hutan*. Bogor: Lab. Ekologi Hutan, IPB.
- MacKinnon, J., K. MacKinnon, G. Child & J. Thorsell. 1990. *Pengelolaan Kawasan yang Dilindungi di Daerah Tropika*. (Terj.: H.H. Amir). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Molles, M.C. 2005. *Ecology, Concepts and Applications*. 3th Ed. New York: MacGraw-Hill.

- Mueller-Dombois, D. dan H. Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Orians, G.H. 1975. *Diversity, Stability and Maturity in Natural Ecosystem*. In: Van Dobben, W.H., Lowe-McConnell, R.H. (Eds.). *Unifying concept in ecology*. The Hague: Junk.
- Qayim, I. 2005. *Ekologi Hutan Tropis*. Jakarta:Universitas Terbuka.
- Resosoedarmo, S., K. Kartawinata dan A. Soegiarto. 1984. *Pengantar Ekologi*. Jakarta: Remadja Karya.
- Ricklefs, R.E. 2001. *The Economy of Natura*. 5th Ed. New York: W.H. Freeman dan Company.
- Samingan, T. 1990. *Prosedur Pendugaan dan Penilaian Dampak Terhadap Vegetasi. Dalam Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Bogor: FPS-IPB.
- Setiadi, D. I. Mahadiono & A. Yusron. 1989. *Pengantar Ekologi*. Pusat Antar Universitas - Ilmu Hayat. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Shukla, R.S. & P. S. Chandel. 1996. *Plant Ecology*. New Delhi : S. Chand & Co. Ltd.
- Smith, R.L. & T.M. Smith. 2001. *Ecology and Field Biology*. 6th Ed. San Francisco: Benyamin Cummings.
- Tarumingkeng, J. C. 1994. *Dinamika Populasi: Kajian Ekologi Kuantitatif*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan & U.K. Satyawacana.
- Wargasamita, S. & S. Rasidi. 1993. *Ekologi Populasi dan Komunitas*. Makalah Penataran Kemampuan Dosen dalam Pelatihan Perkuliahan MIPA Dasar Bidang Biologi, Se-DKI Jakarta. 10 - 20 November 1993.
- [http://wikiadapt.org/index.php?title=Gender and Climate Change](http://wikiadapt.org/index.php?title=Gender_and_Climate_Change). 2001. Adaptation to Global Warming.