

Akuakultur: Prinsip dan Ruang lingkup

Dr. Ir. Kukuh Nirmala, M.Sc.



PENDAHULUAN

Kebijakan pemerintah yang akan menekankan pembangunan maritim dan kebijakan Kementerian Kelautan dan Perikanan tentang upaya revitalisasi perikanan budidaya, menjadi peluang besar bagi perikanan budidaya atau akuakultur untuk berkembang lebih besar lagi. Untuk menghadapi peluang tersebut, dan juga untuk menghadapi tantangan pemberlakuan Masyarakat Ekonomi Asean atau MEA, maka semua pemangku kepentingan di bidang perikanan dan kelautan, khususnya lulusan perguruan tinggi dengan kompetensi manajemen dan teknologi perikanan budidaya, perlu lebih memahami dan menguasai tentang prinsip dan ruang lingkup kegiatan akuakultur sebagai suatu sistem industri. Memahami akuakultur sebagai suatu kegiatan industri memungkinkan lulusan akuakultur untuk memiliki kemampuan untuk mengelola sumberdaya manusia, sumberdaya alam, sumberdaya teknologi dan sumberdaya sosial-ekonomi yang tersedia di masyarakat untuk mengembangkan industri akuakultur.

Selain pemahaman tentang pengertian akuakultur, pengetahuan tentang ruang lingkup akuakultur juga perlu diberikan. Pengertian tentang akuakultur meliputi definisi, sejarah dan basis biologi dan teknologi akuakultur. Sementara ruang lingkup akuakultur diantaranya membahas tentang tahapan yang harus dikerjakan ketika kita akan membangun suatu industri akuakultur, diantaranya adalah pemilihan lokasi, pemilihan spesies ikan yang akan dikultur dan pertimbangannya, dan garis besar konstruksi dan operasi kegiatan akuakultur.

Untuk itu dalam Modul 1 ini, mari kita bahas materi tentang definisi, sejarah, basis biologi dan teknologi, pemilihan lokasi, pemilihan spesies, konstruksi, dan proses budidaya yang menyangkut ikan, pakan dan lingkungan secara umum.

”Selamat Belajar”

KEGIATAN BELAJAR 1**Prinsip Akuakultur**

Kegiatan Belajar 1 akan membahas tentang prinsip akuakultur sebagai suatu kegiatan industri, dimana semua lini aktivitas akuakultur tidak terlepas dari lini suatu industri. Selain itu juga dibahas tentang sejarah akuakultur, dan pengertian tentang akuakultur. Lini industri akuakultur meliputi input, proses, output dan pasar. Mengapa dalam kegiatan belajar ini akuakultur dibahas sebagai suatu kegiatan industri? Hal ini tidak terlepas dari kebijakan pemerintah yang menginginkan peningkatan jumlah wirausahawan di semua sektor usaha, termasuk akuakultur, sehingga lulusan perguruan tinggi, termasuk lulusan bidang akuakultur, perlu diberi wawasan bahwa akuakultur juga suatu kegiatan industri. Hal ini juga dikarenakan kondisi sistem pembelajaran akuakultur di kampus-kampus lebih banyak menekankan kepada aspek teknologi proses, meliputi teknologi benih, teknologi pakan, dan teknologi lingkungan serta penanganan penyakit. Sementara aspek input, output (panen dan pascapanen) dan lebih khusus lagi aspek pemasaran, kurang ditekankan bahwa mereka juga bagian dari kegiatan akuakultur.

A. PRINSIP AKUAKULTUR

Dalam mempelajari akuakultur, yang pertama-tama perlu diketahui oleh kita adalah prinsip dari akuakultur. Sebagaimana dengan kegiatan industri pada umumnya, demikian juga dengan akuakultur, maka sistem akuakultur juga tidak terlepas dari sistem industri, dimana ia menyangkut komponen teknologi dan komponen manajemen pada setiap lini sistem industri, yang meliputi input, proses, output maupun pasar.

Menurut Pillay (1993), pembahasan tentang prinsip akuakultur diperinci menjadi bahasan yang menyangkut:

1. basis akuakultur;
2. sejarah akuakultur dan status saat ini;
3. perencanaan pembangunan akuakultur nasional;
4. pemilihan lokasi untuk pembangunan akuakultur;
5. pemilihan spesies biota air yang akan dibudidayakan;
6. rancangan dan konstruksi *aquafarm*;

7. nutrisi dan pakan;
8. reproduksi dan seleksi genetik;
9. kesehatan dan penyakit biota budidaya;
10. kontrol gulma, predator dan hama penyakit;
11. ekonomi dan pembiayaan akuakultur;
12. manajemen *farm*;
13. pemanenan dan teknologi pasca-panen;
14. pemasaran produk akuakultur.

Sementara menurut Stickney (1994), prinsip akuakultur meliputi aspek :

1. ekonomi;
2. pemilihan spesies yang akan dikultur;
3. sumberdaya air dan sistem budidaya;
4. aspek non-konservatif dari kualitas air;
5. aspek konservatif dari kualitas air dan aspek fisik lingkungan budidaya;
6. nutrisi pakan dan pertumbuhan ikan;
7. reproduksi, *selective breeding*, dan genetik;
8. penyakit, predasi dan kanibalisme;
9. panen, transportasi, dan prosesing;
10. isu lingkungan.

Dari uraian prinsip akuakultur menurut Pillay di atas, terlihat bahwa meskipun pendekatan prinsip pembangunan akuakultur yang ia susun tetap menunjukkan konsep industri, terlihat dari adanya aspek biologi, teknologi, manajemen dan ekonomi (pasar), namun ia lebih menekankan kepada pendekatan akuakultur sebagai ilmu dan teknologi, dimana ia khususnya memulainya dengan pemilihan lokasi dan pemilihan spesies budidaya, meskipun dalam bukunya ia juga membahas pertimbangan pasar dalam pemilihan spesies yang akan dibudidayakan. Sedangkan Stickney menunjukkan pendekatan yang lebih menekankan kepada aspek bisnis. Hal ini terlihat dari penekanan aspek ekonomi sebagai ujung tombak pembangunan akuakultur. Dari pertimbangan aspek ekonomi, yang tentu saja menekankan kepada peluang pasar dan mendapatkan profit, kemudian baru ditentukan spesies apa yang memenuhi permintaan pasar tersebut, dan selanjutnya pertimbangan biologi, teknologi, dan aspek keberlanjutan industri akuakultur dengan mengangkat isu lingkungan. Namun ada kekurangannya, yaitu Stickney tidak memasukkan aspek manajemen farm, padahal ketika menjalankan suatu kegiatan industri, selain aspek

teknologi, aspek manajemen (tenaga kerja, keuangan, fasilitas dan pemasaran) juga sangat penting. Maka akan lebih baik jika kita memadukan prinsip akuakultur dari kedua penulis tersebut, dimana susunannya adalah : ekonomi, biologi, teknologi dan manajemen, dan kelestarian lingkungan/ekologi.

Terkait dengan istilah dan definisi akuakultur, akuakultur memiliki beberapa padanan nama diantaranya perikanan budidaya, budidaya perikanan, budidaya perairan, atau budidaya ikan. Budidaya perikanan didefinisikan sebagai kegiatan industri yang memproduksi biota (organisme) akuatik (air) (yaitu ikan, krustasea, moluska, echinodermata, mikro dan makro alga, dan sebagainya) di air tawar, payau maupun laut, dalam suatu sistem produksi yang terkontrol atau terkontrol sebagian, untuk mendapatkan keuntungan dan berwawasan lingkungan sehingga berkelanjutan. Jadi ada 3 kata kunci dari akuakultur, yaitu: produksi ikan, profit, dan berkelanjutan; atau mencakup 3 aspek, yaitu: biologi, ekonomi dan ekologi atau lingkungan. Sistem produksi akuakultur yang terkontrol adalah sistem produksi dimana peran campur tangan pembudidaya terhadap input, proses dan output produksi, seperti benih ikan yang ditebar (jumlah, ukuran, kualitas dan waktu penebarannya), penggunaan pakan, pengelolaan lingkungan (air dan wadah) pengendalian penyakit serta pemanenan, relatif tinggi atau hampir sebagian besar di bawah kontrol pembudidaya. Contohnya adalah sistem budidaya di panti pembenihan (*hatchery*), atau pembesaran ikan di akuarium, bak atau kolam *indoor*. Sementara sistem produksi yang terkontrol sebagian adalah sistem budidaya dimana sebagian dari input atau proses budidaya berada di luar kendali pembudidaya. Sebagai contoh, budidaya ikan di kolam *outdoor*, tambak, keramba di sungai, keramba jaring apung (KJA) dan jaring tancap di waduk, danau atau laut, budidaya rumput laut, budidaya ikan air deras, dan budidaya ikan di perairan umum lainnya, input benih dan pakan dapat dikendalikan oleh pembudidaya, namun salah satu atau sebagian faktor lingkungan (air, tanah, iklim/cuaca) relatif sulit untuk dikontrol oleh pembudidaya, sehingga perlu teknologi dan pengaturan pola tanam sesuai perubahan musim atau iklim agar terhindar dari kegagalan. Faktor lingkungan lainnya yang cukup sulit untuk dikontrol oleh pembudidaya ikan adalah hama ikan dan faktor keamanan (pencurian, penjarahan).

Selanjutnya mari kita membahas secara ringkas basis biologi dan teknologi akuakultur. Akuakultur dapat ditinjau dari berbagai aspek, sebagaimana sebagian diuraikan oleh Pillay (1993) di bawah ini.

1. Berdasarkan karakteristik lingkungan/ekologi dimana budidaya dilakukan
 - a. Budidaya perikanan air tawar (*freshwater aquaculture*)
 - b. Budidaya perikanan air payau (*brackishwater aquaculture*)
 - c. Budidaya perikanan air laut (*marine aquaculture*)
2. Berdasarkan zona geospasial
 - a. *Inland aquaculture*
 - 1) Budidaya perikanan dataran tinggi
 - 2) Budidaya perikanan dataran rendah
 - 3) Budidaya perikanan pedalaman
 - 4) Budidaya perikanan muara
 - 5) Budidaya perikanan pesisir
 - b. *Marine aquaculture (mariculture)*
 - 1) Budidaya laut
3. Berdasarkan jenis sistem atau teknik budidaya
 - a. Budidaya ikan di kolam, tambak, bak, akuarium
 - b. Budidaya keramba tancap (*pen culture*)
 - c. Budidaya sistem rakit (*raft culture*)
 - d. Budidaya Keramba Jaring Apung (KJA) (*floating cage culture*)
 - e. Budidaya air deras (*raceway culture*)
4. Berdasarkan jenis biota/organisme yang dibudidayakan
 - a. Budidaya ikan konsumsi dan ikan hias
 - b. Budidaya krustasea (udang, udang galah, kepiting, rajungan, lobster, *cerax*, dan sebagainya)
 - c. Budidaya kekerangan/moluska (misal abalon, tiram mutiara, kerang, kijang, *octopus*, dan sebagainya)
 - d. Budidaya ekinodermata (misal teripang/*sea cucumbers*, *sea urchins*)
 - e. Budidaya chordata (misal kuda laut)
 - f. Budidaya cnidaria (misal coral atau terumbu karang, ubur-ubur)
 - g. Budidaya makroalga/rumput laut dan tanaman hias air
 - h. Budidaya pakan alami (phytoplankton, daphnia, rotifer, artemia, cacing sutera, cacing laut, dan sebagainya)

5. Berdasarkan tingkat teknologi yang digunakan
 - a. Sederhana (tradisional)
 - b. Madya (Semi-intensif)
 - c. Maju (Intensif)
 - d. Sangat maju (Supra-intensif)

6. Berdasarkan kegiatan pengembangan usaha atau peningkatan produksi
 - a. Ekstensifikasi
 - b. Intensifikasi
 - c. Diversifikasi

7. Berdasarkan siklus biologi (*life cycle*) biota
 - a. Pembenihan
 - b. Pendederan/penggelondongan
 - c. Pembesaran, penggemukan (*fattening*)

8. Berdasarkan pemanfaatan produk
 - a. Produk pangan
 - b. Produk non-pangan (ikan hias, mutiara, rekreasi/sport, umpan, lingkungan/konservasi)
 - c. Produk bahan baku untuk industri farmasi, kosmetik dan lainnya

Sementara ditinjau dari sejarah akuakultur, dapat dirunut dari masa awal perkembangan peradaban manusia dalam memenuhi kebutuhan makanannya. Untuk mendapatkan makanan manusia tergantung pada berburu binatang dan mengumpulkan buah-buahan sebagai mata pencaharian dasar, dimana aktivitas ini berlangsung sampai periode Neolitik. Salah satu bagian dari aktivitas berburu adalah memancing ikan di sungai atau laut. Namun dengan makin meningkatnya jumlah manusia yang berarti kebutuhan akan makanan juga semakin tinggi, dan ditambah dengan masa-masa perburuan atau memancing ikan tidak bisa dilakukan setiap saat atau tergantung musim, maka mulailah manusia mengembangkan teknik-teknik penangkapan ikan dengan menggunakan alat tangkap lain selain pancing, dan juga mengembangkan teknik budidaya ikan secara sederhana. Sebagai hasilnya, produksi ikan meningkat seiring dengan penambahan jumlah dan ukuran kapal penangkapan ikan, dan dilakukannya pengembangan metode penangkapan yang lebih efisien serta perbaikan dalam pengolahan dan transportasi ikan dari hasil tangkapan di laut maupun perairan

umum lainnya. Namun upaya penangkapan ikan secara intensif mulai menunjukkan efeknya terhadap basis sumberdaya, akibatnya peningkatan produksi ikan telah mulai mengalami stagnasi atau bahkan mulai terus menurun. Karena penangkapan yang berlebihan dan penurunan stok ikan di perairan alam telah menjadi kenyataan hidup, maka muncul kebutuhan untuk meningkatkan atau membuat stok ikan yang baru melalui campur tangan manusia, salah satunya melalui kegiatan *restocking*.

Di sisi lain, dengan semakin berkembangnya peradaban manusia, maka mereka juga mulai untuk mengembangkan teknik-teknik budidaya ikan secara sederhana. Beberapa teknik budidaya ikan sederhana mereka kembangkan berdasarkan pengalaman mereka dalam kegiatan perburuan atau penangkapan ikan. Sebagai contoh, asal-usul dari beberapa sistem akuakultur masa kini, seperti budidaya keramba, ditemukan diadopsi oleh masyarakat dari praktek nelayan dalam memelihara untuk sementara waktu ikan hidup hasil tangkapan, sebelum ikan tersebut dijual. Selanjutnya, dengan perjalanan waktu, teknik budidaya ikan mulai mengarah dari pemeliharaan untuk sementara waktu ikan hidup hasil tangkapan, menjadi upaya penggemukan atau pembesaran ikan hidup hasil tangkapan, sebelum kemudian ikan tersebut dijual ke konsumen. Kemudian berkembang lebih lanjut lagi sampai ke teknik pemeliharaan ikan dari ukuran benih atau juwana menjadi ukuran konsumsi. Ini semua telah diadopsi oleh masyarakat manusia selama bertahun-tahun, dimana selanjutnya sebagian besar bentuk-bentuk budidaya ikan diarahkan untuk membuat pemeliharaan ikan lebih banyak berada di bawah kontrol manusia, tidak lagi banyak bergantung kepada kondisi alam, dengan tujuan untuk menstabilkan, dan lebih penting lagi, untuk meningkatkan produksi serta menjamin kontinuitas produksi ikan mereka.

Dengan adanya campur tangan manusia, misalnya pada suatu perairan, melalui kegiatan budidaya, maka produksi dan produktivitas perairan tersebut dapat ditingkatkan. Peningkatan produksi tersebut disebabkan oleh campur tangan atau kontrol manusia terhadap perairan tersebut melalui peningkatan kepadatan ikan, atau meningkatnya jumlah ikan per satuan luas atau volume air dan pemberian pakan dari luar perairan tersebut. Mari kita coba mengilustrasikan hal di atas secara sederhana. Jika kita mengurus air di suatu sungai dengan luasan sebesar 1x1 m dan kedalaman 1 m, bisa jadi kita hanya akan mendapatkan 1 ekor ikan seberat katakan 300 g. Ini berarti produktivitas alami air danau seluas tersebut hanya 0,3 kg/m³. Namun jika pada air sungai seluas 1x1 m dan kedalaman 1 m tersebut kita pasang karamba tancap dan kita

tebar ikan sebanyak 10 ekor serta diberi pakan, maka saat ikan mencapai bobot yang sama (300 g/ekor) maka akan kita hasilkan panen sebesar 3000 g (dengan asumsi semua ikan hidup atau tingkat kelangsungan hidupnya 100%), ini artinya produktivitas volume air sungai tersebut meningkat menjadi 3 kg/m³, atau meningkat sebesar 10 kali dari produktivitas alaminya. Produktivitas alami yang rendah tersebut dikarenakan jumlah benih dan pakan yang tersedia secara alami di air sungai tersebut terbatas. Sementara dengan teknologi perikanan budidaya, jumlah benih dan pakan yang digunakan dapat ditingkatkan disesuaikan dengan modal maupun teknologi yang akan digunakan oleh pembudidaya.

Perkembangan akuakultur tersebut juga didasari oleh prinsip-prinsip ilmiah yang sangat mendukung budidaya ikan, kerang dan biota air lainnya, karena budidaya perikanan adalah cara yang relatif efisien dalam menghasilkan protein hewani. Hewan *poikilothermic* (berdarah dingin) terutama ikan, memiliki kebutuhan energi yang relatif rendah untuk pemeliharaan temperatur tubuh dan pergerakan normal, kecuali untuk metabolisme dan pemeliharaan fungsi tubuh. Karena berat badan ikan hampir sama dengan air media hidupnya, kehilangan energi untuk mendukung bobot badan mereka sendiri di dalam air dan untuk berenang, menjadi minimal. Artinya hewan berdarah dingin menghabiskan sedikit energi untuk termo-regulasi, sehingga energi sisanya dapat digunakan untuk pertumbuhan. Keuntungan ini menghasilkan tingkat pertumbuhan yang lebih tinggi dan produksi yang lebih besar per satuan luas dibandingkan hewan berdarah panas. Demikian juga dengan kerang dari jenis *filter feeder*, menghabiskan energi yang sangat sedikit untuk mendapatkan makanan mereka. Selanjutnya bagaimana uraian tentang sejarah praktek akuakultur secara lebih rinci? Banyak publikasi tentang akuakultur merujuk ke sejarah panjang budidaya ikan di Asia, Mesir Kuno dan Eropa Tengah. Pada tahun 2500 SM ikan nila sudah dibudidayakan di Mesir, sementara di masa Romawi dan berikutnya di Abad Pertengahan, sudah ada kolam-kolam penyimpanan ikan sidat dan ikan-ikan lainnya. Budidaya ikan di Mesir di jaman dahulu dibuktikan dengan terdapatnya ukiran di makam Mesir kuno yang menggambarkan orang sedang memancing ikan nila di kolam buatan. Sekitar 4000 tahun yang lalu, juga sudah ada kolam ikan pertama yang dibangun oleh bangsa Sumeria di kuil-kuil mereka. Marcus Terentius Varro (116-27 SM) menulis tentang dua macam kolam ikan, yang pertama yang dikelola oleh para pembudidaya untuk sumber makanan dan mendapatkan keuntungan, dan yang kedua kolam air laut yang dimiliki oleh bangsawan kaya yang memanfaatkannya untuk menghibur para tamunya. *Red Mullet*s adalah ikan favorit dikarenakan pada ikan yang mati terjadi perubahan warna yang dikagumi oleh para tamu, sebelum ikan tersebut

dimasak dan dimakan. Keterlibatan masyarakat Romawi dengan ikan tidak hanya untuk pertunjukkan, tetapi mereka juga mengeksplorasi metode *Fish Culture* dan diketahui telah memiliki teknologi pembuahan telur-telur ikan secara eksternal menggunakan metode *stripping* dan mentransportasinya ke lokasi budidaya di tempat lain.

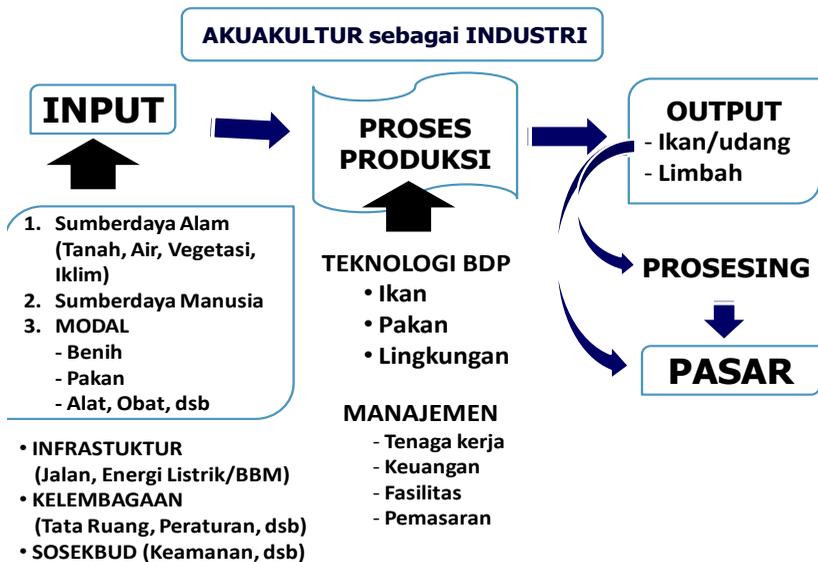
Pada buku *the Classic of Fish Culture* yang dipercaya telah ditulis oleh Fan Lie sekitar 500 tahun SM, ditunjukkan bahwa pada saat itu budidaya ikan secara komersial telah ada di China. Tulisan berikutnya oleh Chow Mit dari Dinasti Sung tahun 1243 M dan Heu tahun 1639 M menggambarkan secara rinci tentang kegiatan koleksi benih ikan mas dari sungai-sungai dan metode pembesarnya di kolam-kolam. Namun bentuk paling awal dari budidaya ikan di China adalah budidaya ikan mas (*common carp*, *Cyprinus carpio*) yang merupakan ikan asli dari China. Ikan ini selanjutnya diintroduksi oleh imigran China ke beberapa negara di Asia dan Timur Jauh (Malaysia, Taiwan, Indonesia, Thailand, Kamboja, Vietnam, dan lain-lain) dan ke Eropa selama Abad Pertengahan untuk dipelihara di kolam-kolam kerajaan. Namun di abad ke-6 M, ikan mas kehilangan ketenarannya di China dikarenakan nama ikan mas dalam bahasa China adalah “Lee” dan ini memiliki arti yang identik dengan nama Lee yang merupakan salah satu kaisar Dinasti Tang. Hal ini membuat rakyat setempat tidak nyaman untuk memelihara dan mengkonsumsi ikan mas jenis ini. Untuk itu mereka mencari spesies ikan mas lainnya untuk dibudidayakan dan dikonsumsi, dan diperoleh ikan *grass-carp* (*Ctenopharyngodon idella*), *silver-carp* (*Hypophthalmichthys molitrix*), *bighead-carp* (*Aristichthys nobilis*) dan *mud-carp* (*Cirrhina molitorella*). Sistem pembesaran ikan-ikan inilah yang dalam perkembangannya telah melahirkan praktek budidaya polikultur.

Sedangkan di India, *India carp* telah berkembang di abad 11 M di bagian timur sub-continent India. Budidaya ikan koi di Bengal India adalah asal sejarah budidaya ikan di India. Di India tulisan-tulisan yang dibuat pada 300 SM menunjukkan budidaya ikan berlangsung di beberapa waduk di India. Beberapa dokumen sejarah yang disusun pada tahun 1127 M menjelaskan metode pembesaran ikan di kolam di India. Sementara untuk budidaya *catfish* pada sistem *pen culture* dan *cage culture* awal perkembangannya adalah di negara Kamboja, yang selanjutnya sistem *pen* dan *cage culture* ditiru di Indonesia dengan ikan mas dan di Thailand dengan ikan *Pangasius* sp. Sedangkan untuk budidaya sidat berawal di negara Jepang.

Bagaimana dengan budidaya air payau? Ternyata budidaya air payau di Asia Tenggara berawal dari Indonesia, khususnya di pulau Jawa, selama abad 15 M dengan ikan yang dibudidayakan adalah ikan bandeng dan spesies ikan

lainnya yang dipelihara di tambak, yang diduga akibat pengaruh hukum agama Hindu. Untuk budidaya laut, bentuk paling awal dari budidaya laut kemungkinan adalah budidaya tiram (*oyster*), dimana orang-orang Romawi (tahun 100 SM) dan Yunani dipercaya sebagai perintis budidaya oyster. Di Jepang budidaya oyster dipraktekkan pada sekitar 2000 tahun yang lalu. Untuk budidaya rumput laut, Jepang juga telah dianggap sebagai pionir sebagaimana dipublikasikan dalam buku teks di Jepang pada tahun 1952. Sesudah Perang Dunia II, jenis rumput laut yang bisa dimakan seperti *kombu* yang dihasilkan dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) jenis *Laminaria sp*, *wakame* yang dihasilkan dari rumput laut coklat jenis *Undaria sp*, dan *nori* yang dihasilkan dari rumput laut merah (*Rhodophyceae*) jenis *Porphyra sp*, dibudidayakan secara luas dan intensif di Korea, Taiwan, China dan Jepang.

Selanjutnya akuakultur pada prinsipnya adalah suatu kegiatan industri. Sebagai suatu industri, dengan demikian akuakultur juga mencakup semua aspek yang terkait dengan lini-lini dalam industri, meliputi aspek teknologi dan manajemen input, proses, output dan pasar, yang diuraikan sebagai berikut (Gambar 1.1). Perlu diingat kembali bahwa sistematika alur industri yang disajikan tersebut adalah untuk mempermudah pemahaman kita, namun ketika kita akan memulai pembangunan industri akuakultur, maka kembali titik tolaknya adalah aspek Pasar. Dalam Gambar 1 tersebut juga dapat dilihat bahwa untuk memenuhi persyaratan isu lingkungan, khususnya terkait dengan tuntutan konsumen dari negara maju, output akuakultur yang berupa limbah, dapat diproses terlebih untuk menjadi produk yang memiliki nilai ekonomi yang dapat dijual ke pasar, sehingga selain kelestarian lingkungan terjaga, keuntungan usaha juga dapat meningkat.



Gambar 1.1
Prinsip industri akuakultur dan komponennya.

1. Input

Aspek input meliputi:

- a. **Sumberdaya Manusia**, yang mencakup jumlah, usia, jenis kelamin, dan pendidikan atau kualifikasinya. Ketersediaan sumberdaya manusia dengan kriteria tersebut sangat penting untuk keberhasilan industri akuakultur. Dalam kasus pengembangan akuakultur di Indonesia, khususnya di daerah-daerah yang minim ketersediaan sumberdaya manusia yang memenuhi kriteria yang diinginkan atau sesuai dengan kebutuhan industri akuakultur, faktor SDM ini dapat menjadi penghambat pembangunan industri akuakultur. Sebagai misal, rencana pembangunan industri tambak udang seluas 20.000 ha di daerah pesisir selatan Kalimantan Tengah, akan membutuhkan banyak tenaga kerja laki-laki, berusia produktif, dan memenuhi kualifikasi yang dibutuhkan, namun jumlah penduduk di daerah tersebut relatif sedikit. Jika mendatangkan tenaga kerja dari luar daerah tersebut, akan dibutuhkan biaya yang sangat besar. Dengan demikian bisa jadi faktor ketersediaan SDM menjadi faktor pembatas.
- b. **Sumberdaya alam**, yang mencakup **tanah, air dan iklim**. Dari **komponen tanah**, parameter yang penting meliputi parameter fisik

(kemiringan, vegetasi atau tataguna lahan, tekstur, kedalaman batuan), parameter kimia (pH, bahan pencemar, kandungan pyrit, bahan organik) dan biologi tanah (hama dan penyakit, mikro-makro benthos). **Komponen air** meliputi jumlah, kontinyuitas dan kualitas fisik (suhu, kekeruhan/kecerahan, debit air, salinitas, kecepatan dan arah arus dan gelombang, bathimetri, pasang surut), kimia air (pH, oksigen terlarut, CO₂, H₂S, NH₃, kesadahan, alkalinitas, NO₂⁻, NO₃⁻, Posfat, bahan pencemar logam berat, deterjen, pestisida, asam, limbah industri kimia, minyak) dan biologi air (phyto dan zooplankton, predator, kompetitor, patogen). Sedangkan **komponen iklim** meliputi intensitas curah hujan dan jumlah hari hujan, bulan basah/kering, suhu udara, angin, intensitas cahaya matahari). Ketiga komponen sumberdaya lingkungan ini sangat penting dan sangat menentukan daya dukung lingkungan dan sangat mempengaruhi keputusan maupun keberhasilan pembangunan industri akuakultur. **Daya dukung lingkungan ini memang bersifat dinamis, dan dapat berubah atau ditingkatkan dengan penerapan teknologi.** Sebagai contoh, lereng bukit yang memiliki kemiringan 30% memiliki daya dukung rendah untuk dimanfaatkan sebagai lahan persawahan, sehingga produktivitasnya juga akan rendah, namun dengan teknik terasering seperti yang banyak diterapkan di pulau Bali, daya dukungnya menjadi naik dan produktivitasnya juga meningkat. Demikian juga tanah pasir, memiliki daya dukung rendah untuk dibuat tambak, namun dengan teknologi biocrete atau dibeton atau penggunaan plastik HDPE, maka daya dukungnya akan naik. Penggunaan kincir dan pergantian air tambak juga meningkatkan daya dukung tambak. Air sungai yang tercemar bisa jadi memiliki daya dukung yang rendah, namun dengan teknologi pengolahan air daya dukungnya akan naik. Demikian juga suhu udara yang dingin, akan menurunkan laju pertumbuhan ikan, namun dengan penggunaan water heater daya dukung akan meningkat. Bagaimanapun asupan teknologi tersebut memerlukan biaya, namun bisa jadi tetap layak teknis maupun ekonomis jika biota yang dibudidayakan memiliki nilai jual yang tinggi, seperti udang vaname.

- c. **Modal :** modal diperlukan untuk membangun infrastruktur kolam, tambak, keramba jaring apung atau hatchery, biaya pengadaan benih ikan, pembelian pakan, gaji karyawan, peralatan, fasilitas kelistrikan, biaya produksi dan sebagainya. Jika prospek usaha menjanjikan, modal dapat diperoleh dari berbagai sumber, bisa dari modal sendiri, pinjaman ke keluarga atau kerjasama dengan pemilik modal.

- d. **Infrastruktur** : fasilitas umum berupa jalan, saluran irigasi, jaringan listrik dan ketersediaan sarana produksi juga diperlukan untuk mendukung pembangunan industri akuakultur.
- e. **Kelembagaan** : agar kegiatan akuakultur berjalan dengan lancar, maka pertimbangan yang menyangkut aturan tata ruang, zonasi, atau aturan lainnya yang terkait dengan pemanfaatan lahan serta sertifikasi atau aturan yang menyangkut teknologi proses budidaya perlu dilakukan.
- f. **Sosial-ekonomi-budaya** : aspek sosial, ekonomi dan budaya yang paling penting diperhatikan adalah keamanan usaha. Dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat yang masih belum baik, jaminan keamanan usaha memang diperlukan. Kasus penjarahan tambak udang, perampokan ikan di keramba jaring apung atau pencurian ikan di kolam masih terjadi. Hal ini dapat mengurangi keberhasilan pembangunan akuakultur.

2. Proses produksi

Proses produksi akuakultur meliputi: teknologi yang digunakan dan manajemen usaha.

- a. Teknologi budidaya yang digunakan, baik di hatchery maupun pembesaran, mencakup teknologi sederhana (sistem budidaya tradisional), teknologi madya (sistem budidaya semi-intensif) dan teknologi maju (sistem budidaya intensif dan super-intensif). Teknologi yang diterapkan mencakup penebaran benih unggul, pemberian pakan yang tepat (tepat mutu, tepat jumlah, tepat waktu), teknologi pengelolaan air dan tanah, dan pengendalian penyakit.
- b. Manajemen usaha, yang mencakup manajemen sumberdaya manusia, manajemen keuangan, manajemen fasilitas, dan manajemen pemasaran.

Aspek teknologi atau teknis budidaya dan manajemen berperan sangat vital dalam keberhasilan produksi akuakultur. Banyak kasus kegagalan produksi yang disebabkan oleh ketidakmampuan teknis budidaya dalam menghadapi kendala-kendala teknis, seperti kualitas air kolam, tambak, waduk yang memburuk, perubahan cuaca yang sulit dicarikan solusinya maupun penurunan kualitas tanah kolam atau tambak atau sedimen waduk. Kendala-kendala tersebut selanjutnya menyebabkan ikan atau udang menjadi stres sehingga rentan terhadap serangan penyakit. Selanjutnya kita bahas aspek manajemen pemasaran. Dalam setiap lini industri, tidak terlepas dari aspek Manajemen. Demikian juga yang terkait dengan aspek manajemen usaha, baik yang

menyangkut manajemen karyawan, manajemen keuangan, manajemen fasilitas maupun manajemen pemasaran. Bagaimana mengelola karyawan agar produktivitas mereka tinggi, bagaimana mengelola keuangan agar pembiayaan usaha efisien, bagaimana mengelola aset agar fungsinya dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien, dan bagaimana mengelola pemasaran hasil agar produk cepat terserap pasar dengan harga tinggi sehingga diperoleh keuntungan maksimal. Semua aspek manajemen tersebut sangat menentukan keberhasilan usaha akuakultur.

Sebagai contoh, diperlukan manajemen keuangan dan manajemen tenaga kerja yang baik, manajemen pengadaan sarana dan prasarana produksi yang tepat, manajemen produksi yang ramah lingkungan atau berwawasan lingkungan untuk memenuhi tuntutan konsumen global, atau manajemen limbah yang efektif dan efisien, serta manajemen pemasaran yang kuat. Bagaimanapun perlu diingat kembali bahwa kegiatan industri bertujuan untuk mencapai produktivitas yang tinggi disertai dengan kualitas yang tinggi pula, dan produk tersebut dapat diserap pasar, sehingga perusahaan mendapatkan keuntungan. Memproduksi suatu barang adalah mudah, yang sulit adalah menjualnya. Jadi dalam budidaya perikanan juga, aspek pemasaran sangat perlu dipertimbangkan. Maka dalam mengembangkan industri akuakultur, bisa jadi dilihat dari aspek teknis, teknologi budidaya yang tersedia dinilai layak, namun dilihat dari aspek ekonomi tidak layak karena kurang menguntungkan. Sebagai contoh budidaya ikan mas di daerah Jawa Tengah, teknologi budidaya ikan ini tersedia luas sehingga produksi bisa jadi tinggi. Namun ketika sasaran pasarnya ditujukan hanya untuk konsumen di Jawa Tengah, bisa jadi kurang menguntungkan karena masyarakat sekitar mungkin kurang begitu menggemari makan ikan mas. Jika dipasarkan ke luar daerah, misal ke Jakarta, maka perlu biaya transportasi, akibatnya harga jual lebih mahal dan bisa jadi kalah bersaing dengan ikan mas yang diproduksi dari daerah Jawa Barat. Untuk itu survei pasar juga sangat diperlukan dalam kegiatan industri akuakultur.

Survei pasar juga dapat menghasilkan strategi siklus produksi. Sebagai contoh, pada musim penghujan induk ikan discus mudah memijah, sehingga produksi benih melimpah, dan pasar “dibanjiri” dengan benih ikan hias ini. Padahal kebutuhan pasar akan benih ikan hias ini belum tentu meningkat seiring dengan meningkatnya produksi benih. Maka harga benih discus pun akan jatuh atau bahkan hanya sedikit terserap pasar. Namun di musim kemarau, induk discus sulit untuk memijah, sehingga produksi benih pun rendah. Akibatnya terjadi kekosongan produk, sehingga benih ikan yang ada dapat dijual dengan

harga yang tinggi. Informasi pasar demikian perlu diketahui untuk disiasati, misalnya dicari teknologi pembenihan yang memungkinkan induk discus dapat dipijahkan pada saat musim kemarau.

Contoh kasus di lapang terkait aspek manajemen dan keberhasilan usaha akuakultur banyak ditemukan. Penempatan karyawan yang tidak sesuai kompetensinya, sistem penggajian dan insentif yang kurang memuaskan, kesejahteraan karyawan yang kurang diperhatikan, hubungan kerja antar karyawan yang tidak harmonis atau suasana kerja yang kurang kondusif, atau kurang menantang kreatifitas dan karir karyawan, adalah diantara yang dapat menimbulkan masalah yang akhirnya berujung kepada produksi dan keberlanjutan usaha akuakultur. Demikian juga yang menyangkut pengelolaan aset perusahaan, pemanfaatan yang tidak optimal juga akan mengurangi profit. Sebagai contoh, aset berupa blower untuk menyediakan aerasi untuk 80 titik yang dapat digunakan untuk 40 unit akuarium, namun karena ketersediaan benih yang sedikit, maka hanya 20 unit akuarium yang terisi. Dengan demikian dengan biaya listrik yang relatif tetap untuk 1 unit blower tersebut, terdapat inefisiensi sekitar 50%. Hal ini akan mengurangi keuntungan usaha. Untuk manajemen keuangan, jelas aspek ini sangat penting, karena jika terjadi mismanajemen, akan berdampak besar terhadap keberlanjutan usaha.

Kalau kita perhatikan di ruang publik, massmedia dan lainnya, banyak terpampang iklan-iklan dari suatu produk yang berusaha untuk mempengaruhi konsumen untuk membeli produk mereka. Seringkali biaya iklan demikian sangat besar. Hal ini menunjukkan bahwa memproduksi suatu produk adalah hal yang relatif mudah, sementara menjualnya dianggap jauh lebih sulit. Untuk itu aspek manajemen pemasaran dalam usaha akuakultur juga sangat penting untuk keberlanjutan usaha. Adalah suatu gejala umum, harga jual bersifat naik turun sesuai dengan musim panen. Sebagai contoh, ketika musim panen harga cabe turun, karena pasokan berlimpah, dan di musim lain harga cabe tinggi karena pasokan sedikit. Demikian juga dengan harga jual ikan. Selain harga yang berfluktuasi, pemasaran produk ikan juga sering harus melalui rantai pemasaran yang panjang, yang sering berakibat keuntungan yang dinikmati oleh pembudidaya ikan lebih kecil daripada yang diperoleh oleh pelaku pasar lainnya. Pelaku pasar yang umum kita jumpai adalah pedagang pengecer, pengepul, dan agen yang selanjutnya sampai ke tangan konsumen akhir. Sebagai contoh, harga ikan gurame di tingkat pembudidaya bisa jadi hanya sekitar Rp. 25.000,-/kg, di tingkat konsumen harga naik menjadi antara Rp. 33.000 – 45.000,-/kg, sedangkan ketika sampai di restoran harga dapat mencapai Rp.

80.000,- per kg. Hal yang perlu menjadi perhatian dalam pemasaran produk ikan lainnya adalah bahwa ikan mudah busuk, dan jika belum laku dijual, ikan di kolam tetap membebani biaya pakan. Contoh lain kita ambil penjualan udang. Sulit untuk menjual udang hasil panen langsung ke pihak *cold storage*, sehingga mau tidak mau harus dijual ke pihak pengepul. Kontrak dengan pengepul dapat dilakukan dengan harga udang yang ditetapkan dan disepakati bersama untuk 1 tahun, sehingga ketika harga udang sedang naik atau turun, masing-masing pihak sama-sama mendapat keadilan. Dalam pemasaran produk, juga perlu diperhatikan sistem pembayarannya, apakah kontan, atau konsinyasi.

3. Output Produksi

Dari kegiatan industri akuakultur, paling tidak terdapat 2 produk, yaitu ikan atau udang dan limbah budidaya. Sebelumnya output produksi berupa ikan atau udang baru diperoleh setelah panen, namun saat ini dengan penerapan teknik budidaya panen parsial, maka output berupa ikan/udang dapat dipanen dari kolam atau tambak beberapa kali dalam satu siklus produksi. Seringkali dalam pengajaran akuakultur di kampus-kampus, khususnya yang terkait dengan penelitian di ranah akuakultur, penekanan lebih banyak diberikan kepada kinerja produksi berupa laju pertumbuhan (*growth rate/GR*) dan tingkat kelangsungan atau kelulusan hidup (*survival rate/SR*). Padahal selalu ada kaitan yang tidak dapat dipisahkan di bidang bisnis, antara kuantitas atau jumlah dengan kualitas. Pertumbuhan dan jumlah ikan yang hidup menghasilkan kuantitas dalam bentuk biomas. Namun panen yang berlimpah saja tidaklah cukup bila tidak disertai dengan kualitas ikan atau udang yang baik. Karena jika kualitas ikan atau udang kurang baik, akan berdampak kepada penurunan harga, yang selanjutnya berpengaruh terhadap keuntungan usaha yang diperoleh. Sebagai analogi, kita basa saja berbisnis busana yang kita beli di grosir dalam jumlah banyak, namun karena kualitasnya biasa saja, maka keuntungan per baju menjadi kecil. Tetapi karena jumlahnya banyak, maka keuntungan bisa jadi menjadi cukup besar. Atau kita bisa memilih berbisnis busana kelas butik. Jumlah yang kita jual mungkin sedikit, namun keuntungan untuk satu baju relatif tinggi karena busananya kelas tinggi. Jadi meski jumlah busana yang terjual sedikit namun keuntungannya tetap cukup besar.

Mari kita lihat contoh serupa pada akuakultur yang banyak kita jumpai di lapangan. Dalam budidaya ikan lele, pembudidaya ingin mendapatkan keuntungan usaha yang tinggi, untuk itu ia menebar benih lele dengan kepadatan tinggi di kolamnya. Karena lele termasuk ikan yang tahan terhadap

kondisi lingkungan yang kurang baik, maka bisa jadi pembudidaya tersebut tetap mendapatkan hasil panen yang berlimpah. Namun dengan padatnya ikan yang ditebar, maka limbah organiknya juga akan berlimpah. Hal ini biasanya akan memicu berkembangnya mikroba jenis blue green algae yang menghasilkan senyawa *geosmin* dan atau *methyl iso-borneol* yang bila terakumulasi ke dalam tubuh ikan lele, akan mengakibatkan ikan lele tersebut bau lumpur atau *muddy smell* atau *musty/muddy odour* atau yang biasa disebut dengan *off flavor*. Maka biarpun panennya berlimpah, tapi jika ikannya berbau lumpur, maka harganya akan menjadi rendah, sehingga keuntungan juga akan menurun. Kasus serupa yang kita kenal dengan baik adalah ikan bandeng yang berbau lumpur yang dihasilkan di daerah tertentu di pulau Jawa. Jadi sekali lagi perlu diingat bahwa akuakultur adalah bisnis, jadi faktor profit harus menjadi perhatian. Untuk itu dalam mempelajari akuakultur, kita tidak hanya berfokus kepada pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup ikan saja, namun juga perlu memperhatikan faktor kualitas ikan atau udang. Untuk ikan, kualitas yang diinginkan oleh konsumen bisa jadi berupa tampilan luar ikan (bentuk, warna, kecerahan, kelengkapan organ, kesegaran ikan), kualitas rasa ikan (tekstur, bau, rasa, nilai gizi), atau layak dan aman dikonsumsi karena bebas dari residu pencemar fisika, kimia dan biologi. Bahkan saat ini konsumen luar negeri menuntut lebih, yaitu produk akuakultur dihasilkan dari proses budidaya yang ramah lingkungan. Senagai contoh, tidak menggunakan bahan kimia (kaporit, antibiotik, dan sebagainya), tidak menggunakan bahan limbah kandang hewan, limbah akuakultur tidak mencemari lingkungan, dan lainnya.

Output akuakultur lainnya adalah limbah. Demikian juga untuk limbah, baik limbah cair maupun limbah padatan berupa feses dan sisa pakan yang mengandung protein, lipid dan karbohidrat, secara periodik juga perlu dikeluarkan dari kolam atau tambak. Hal ini dilakukan agar kualitas air tetap terjaga layak untuk ikan. Jika limbah padat yang merupakan limbah organik sisa pakan dan feses yang mengandung unsur nitrogen, posfor, sulfur, dan karbon, serta limbah yang larut dalam air berupa urin dan amoniak hasil metabolisme ikan, tidak dikelola dengan baik akan menurunkan kualitas air media akuakultur khususnya menurunkan kandungan oksigen terlarut. Bahan organik yang mengandung protein, lipid dan karbohidrat, dengan unsur penyusun N, S, C, O, H, dirombak oleh bakteri heterotrofik menjadi CO_2 dan NH_3 . Perombakan bahan organik ini menjadi CO_2 membutuhkan oksigen sebanyak 1.4 mg O_2 /mg Bahan Organik. Sementara untuk proses nitrifikasi dari amoniak (NH_3) menjadi nitrat (NO_3^-) oleh bakteri *Nitrosomonas* sp dan *Nitrobacter* sp membutuhkan oksigen

sebanyak 4.5 mg O₂/mg NH₃. Dengan demikian secara umum untuk merombak 1 mg bahan organik menjadi CO₂ dan NO₃⁻ paling tidak dibutuhkan oksigen sebanyak 5.9 mg O₂. Selain dari hasil perombakan bahan organik, amoniak NH₃⁻ juga dikeluarkan oleh ikan melalui insang sebagai hasil metabolik asam amino dalam tubuh ikan.

Untuk itu jika kepadatan ikan cukup tinggi maka akan banyak dihasilkan limbah bahan organik dan juga amoniak, sehingga kebutuhan oksigen juga tinggi. Jika limbah-limbah ini tidak dikeluarkan dari kolam atau tambak, bisa melalui pergantian air atau penyiponan, sementara suplai oksigen menggunakan aerasi (blower, kincir, dan sebagainya) tidak mencukupi, maka akan terjadi defisit oksigen terlarut dalam air, yang diistilahkan dengan terjadinya kondisi yang mengarah ke anaerob. Dalam kondisi anaerob demikian, hasil perombakan bahan organik bukan lagi Nitrat (NO₃), Posfat, CO₂ dan SO₄²⁻ lagi, namun hasilnya adalah produk intermediate berupa NH₃, NO_x, NO₂⁻, Posfin, metana CH₄ dan H₂S, yang hampir seluruhnya bersifat toksik untuk ikan dan udang. Jika pun konsentrasi bahan-bahan toksik belum mencapai kadar lethal atau mematikan, namun paling tidak mereka akan membuat kondisi lingkungan air yang menekan atau stres. Kondisi lingkungan yang demikian membuat ikan dan udang menurun daya tahan tubuhnya, menurun nafsu makannya, menurun kemampuannya mengambil oksigen dari air melalui proses respirasi, yang akhirnya sangat rentan terserang penyakit dan mati. Dengan demikian pengelolaan kualitas air selama proses budidaya adalah sangat penting, dan sekali lagi salah satu caranya adalah membuang limbah-limbah tersebut melalui pergantian air. Namun jika air limbah tersebut tidak diolah terlebih dahulu, akan berdampak mencemari lingkungan, dan bisa jadi akan balik mencemari areal budidaya kita, seperti yang terjadi dengan kawasan tambak pantura Jawa. Selain itu juga akan mendapat tentangan dari konsumen khususnya konsumen dari luar negeri sehingga produk ikan tidak bisa dijual ke luar negeri. Pengelolaan limbah akuakultur saat ini dapat dilakukan dengan berbagai macam teknologi, diantaranya teknologi resirkulasi, teknologi bioflok, pemanfaatan wetland seperti hutan mangrove untuk purifikasi limbah, atau menerapkan akuakultur berbasis level trophik (IMTA – *integrated multi trophic aquaculture*).

4. Pasar

Pasar merupakan aspek yang sangat vital. Dalam kaitannya dengan mencari celah pemasaran produk akuakultur, pembudidaya dapat menerapkan berbagai

strategi, namun secara garis besar terdapat 2 strategi sederhana. Pertama, pembudidaya menghasilkan produk mengikuti permintaan pasar yang sedang berlangsung dengan mengisi ceruk pasar yang masih tersedia. Contohnya kita membudidayakan ikan lele karena permintaan lele masih ada atau makin meningkat. Pada situasi dan kondisi demikian, maka kita berhadapan dengan banyak pesaing sehingga harga produk bisa berfluktuasi atau malah sering terjadi harga jadi menurun karena produk berlimpah di pasaran akibat banyak pembudidaya bisa jadi berpikiran dan berbuat serupa. Strategi kedua, pembudidaya menciptakan pasar sendiri atau pasar yang lain atau baru, dengan menghasilkan produk yang tidak mengikuti trend pasar yang ada. Untuk menciptakan pasar tersendiri, strategi yang umum adalah dengan melabeli produknya dengan mitos atau keunikan yang merangsang konsumen untuk mengkonsumsi atau membeli produknya. Sebagai contoh, ikan louhan dilabeli dapat mendatangkan “hoki”, ikan arwana dikatakan merupakan ikan purba, ikan gabus dilabel mengandung banyak albumin yang dapat mempercepat proses penyembuhan luka bekas operasi medis, kuda laut mampu meningkatkan vitalitas seksual orang yang mengkonsumsinya, dan lainnya.

Sekali lagi perlu diingat bahwa akuakultur adalah industri sehingga dalam pemilihan spesies yang akan dibudidayakan, pertimbangan ekonomi adalah penting atau bahkan lebih penting bagi pembudidaya dibandingkan faktor biologi. Ketersediaan teknologi budidaya, didukung oleh kelayakan ekonomi, akan mengarahkan investor atau pembudidaya dalam pemilihan spesies atau sistem budidaya. Penerimaan konsumen dan ketersediaan pasar untuk spesies yang dibudidayakan sangat terkait erat dengan ekonomi produksi akuakultur. Pasar bisa dikembangkan di tempat-tempat di mana tidak ada budidaya spesies tertentu, tetapi ini akan membutuhkan cukup banyak waktu dan tenaga. Sebagai contoh, perlu waktu, tenaga dan kesabaran dari pembudidaya memasarkan produksi ikan air tawar di suatu daerah yang mana masyarakatnya sudah terbiasa mengkonsumsi ikan laut. Namun kenyataannya banyak cerita sukses untuk kasus demikian, dan contoh paling nyata adalah ikan lele yang dikemas dan dijual dalam bentuk pecel lele di wilayah Sulawesi. Bagaimanapun, sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan spesies akuakultur, di bawah ini disajikan berbagai spesies ikan yang dapat dibudidayakan dan tersedia teknologinya sehingga juga layak secara teknis.

B. PEMILIHAN SPESIES YANG DIBUDIDAYAKAN

Terdapat 465 spesies tanaman air dan ikan, dengan 28 famili tanaman air dan 107 famili ikan yang dibudidaya di dunia. Di Indonesia sendiri terdapat hampir 50 spesies ikan konsumsi yang sudah dibudidayakan secara komersial sehingga menjadi komoditas yang diperdagangkan, dan ada juga puluhan jenis ikan hias. Materi ini dimaksudkan untuk mengarahkan mahasiswa untuk dapat mengelompokkan komoditas (biota) akuakultur karena begitu banyaknya komoditas dan calon komoditas, dan selanjutnya diharapkan dapat menjadi pertimbangan dalam memilih komoditas yang akan dibudidayakan. Sudah menjadi ketentuan bahwa manapun spesies biota akuatik yang akan dipilih oleh seorang pembudidaya, tujuan akhirnya tetaplah manfaat ekonomi, sosial atau lingkungan.

Pemilihan spesies biota akuatik yang akan dibudidayakan dapat ditentukan oleh:

1. Tujuan yang akan dicapai:

- a. Spesies dibudidayakan untuk dijual sebagai sumber pangan, bahan baku farmasi dan kosmetika.

Sebagai contoh untuk memenuhi permintaan produk akuakultur untuk sumber protein, pembudidaya dapat memilih jenis ikan konsumsi, seperti ikan mas, gurame, nila, patin, lele, bawal air tawar, betok, gabus, udang galah, bandeng, udang windu atau vaname, kepiting, kerapu, kakap dan bawal. Sedangkan jika potensi pasarnya juga tinggi, pembudidaya dapat memilih spesies yang dapat menjadi bahan baku farmasi, seperti ikan gabus, rumput laut, teripang, kuda laut, dan lainnya. Mikroalga dan makroalga tertentu mampu menghasilkan metabolit sekunder seperti sporopollenin, scytonemin dan mycosporine (porfiring-334 dan shinorine) yang dapat berguna untuk melindungi kulit dari radiasi sinar UV. Beberapa biota laut juga dapat menghasilkan senyawa metabolit yang dimanfaatkan untuk berbagai macam penyakit kanker, seperti kanker payudara dan kanker pankreas seperti disajikan di Tabel 1.1 berikut ini.

Tabel 1.1

Agen antikanker di tahap penelitian yang bersumber dari biota laut

	Organisme	Kelompok	Metabolit
1	<i>Aplidium albicans</i>	Tunicate	<i>Aplidine</i>
2	<i>Aplysia kurodai</i>	Sea hare	<i>Aplyronine A</i>
3	<i>Ascidian didemnum</i>	Tunicate	<i>Granulatimide</i>
4	<i>Bugula neritina</i>	Bryozoan	<i>Bryostatin I</i>
5	<i>Dolabella auricularia</i>	Sea hare	<i>Dolastatin 10</i>
6	<i>Ecteinascidia turbinata</i>	Tunicate	<i>Ecteinascidin-743</i>
7	<i>Elysia rubefescens</i>	Mollusc	<i>Kahalalide F</i>
8	<i>Halichondria okadai</i>	Sponge	<i>Halichondrin B</i>
9	<i>Micromonospora</i>	Actinomycete	<i>Thiocoraline</i>
10	<i>Mycale sp.</i>	Sponge	<i>Mycaperoxide B</i>
11	<i>Portieria hornemannii</i>	Red alga	<i>Halomon</i>
12	<i>Trididemnum soldium</i>	Tunicate	<i>Didemnin B</i>

Selain itu juga ada senyawa metabolit *Discodermalide*, diekstrak dari spons laut dalam, dari genus *Discodermia*, berguna sebagai agen anti-tumor; senyawa *Bryostatin*, diekstrak dari *Bugula neritina*, potensial untuk pengobatan leukemia dan melanoma; senyawa *Pseudopterosins*, diekstrak dari octocoral (cambuk laut) *Pseudopterogorgia elisabethae*, merupakan agen anti-inflamasi dan analgesik yang mengurangi pembengkakan dan iritasi kulit dan mempercepat penyembuhan luka; serta *w-conotoxin MVIIA*, disarikan dari siput kerucut, *Conus magnus*, ampuh untuk penghilang nyeri.

- b. Diproduksi untuk digunakan sebagai umpan, sebagai contoh ikan bandeng dengan ukuran 80-200 gr per ekor untuk umpan penangkapan ikan tuna dan cakalang.
- c. Untuk dijual sebagai hiasan, sebagai contoh ikan dan udang hias serta tanaman air untuk akuaskap.
- d. Untuk olahraga memancing.

2. Jenis biota budidaya:

- a. Ikan/Finfish – biota akuatik yang memiliki sirip (*fin*) dan sirip tersebut digunakan sebagai alat gerak. Jenis ikan ada yang bersisik dan tidak bersisik. Berdasarkan habitatnya, ada ikan air tawar (misal ikan nila, mas, gurame, bawal air tawar, patin, lele, gabus, belida, betok, betutu,

- belut); ikan air payau (misal ikan bandeng, belanak) dan ikan air laut (misal ikan kerapu, kakap, bawal bintang, beronang).
- b. Moluska – (dalam bahasa latin, *molluscus* = lunak) biota akuatik yang memiliki tubuh yang lunak dan dilindungi oleh cangkang yang keras. Ada yang memiliki cangkang pipih yang setangkup sehingga disebut juga bivalvia. Kedua cangkang pada bagian tengah dorsal dihubungkan oleh jaringan ikat (ligamen) yang berfungsi seperti engsel untuk membuka dan menutup cangkang dengan cara mengencangkan dan mengendurkan otot, dan lainnya hanya memiliki satu cangkang. Ada berbagai jenis moluska, dan nama umum yang digunakan secara internasional adalah : snail, clam, oyster, mussel, scallop, abalone, sedangkan di Indonesia dinamai kerang, keong, tiram, kijing, siput, remis, abalon. Ada juga mollusca yang memiliki kaki di kepala, yaitu sotong (*Sepia officinalis*), cumi-cumi (*Loligo sp.*), dan gurita (*Octopus sp.*). Berdasarkan habitatnya, ada moluska air tawar (misal kijing taiwan, remis), moluska air payau (misal kerang bakau) dan moluska air laut (misal abalon, kerang hijau, tiram mutiara, cumi-cumi).
 - c. Crustasea – biota akuatik yang memiliki karapas/ kulit/mantel luar yang relatif keras dan kaku yang menyelimuti seluruh permukaan tubuhnya. Contoh jenis ini diantaranya adalah udang, kepiting, rajungan, lobster. Crustasea yang di air tawar misalnya udang galah dan cherax; yang di air payau misalnya udang windu dan udang vaname, dan yang di air laut yang terkenal adalah lobster.
 - d. Echinodermata – biota akuatik yang memiliki duri atau bulu pada permukaan tubuhnya yang berfungsi sebagai alat gerak. Echinodermata mempunyai kemampuan untuk melakukan regenerasi bagian tubuhnya yang hilang, contohnya timun laut. Apabila timun laut merasa dirinya terancam, maka timun laut akan menyempotkan organ tubuhnya agar mendapatkan kesempatan untuk melarikan diri. Kelak, organ tubuh yang hilang akan tumbuh kembali. Contoh biota dari jenis ini diantaranya adalah teripang/timun laut, bulu babi, bintang laut.
 - e. Makroalga. Makroalga yang umum dibudidayakan adalah seaweeds atau rumput laut, karakteristiknya adalah tidak memiliki akar, batang dan daun sejati. Contohnya adalah *Kappapychus alvarezii*, *Gracillaria sp.*, *Caulerpa*, dan rumput laut yang biasa dimakan oleh masyarakat Jepang seperti *Porphyra* (nori), *Laminaria japonica* (kombu) dan *Undaria pinnatifida* (wakame).

- f. Pakan alami – seperti *Artemia*, *Daphnia*, *moina*, rotifer, kopepoda, cacing laut *Nereis* sp (*Polychaeta*), cacing sutera *Tubifex* sp (*Oligochaeta*), katak (untuk pakan arwana), dan mikroalga (phytoplankton) seperti *Chlorella* (bersel tunggal tidak bergerak), *Chlamydomonas* dan *Tetraselmis* (bersel tunggal dapat bergerak), *Scenedesmus* (bentuk koloni dapat bergerak), *Hydrodictyon* (bentuk koloni yang tidak bergerak), *Spyrogyra* dan *Spirulina* (bentuk benang), *Ulva* (bentuk lembaran), *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Nitzschia*, dan *Nannochloropsis*.
- g. Tanaman akuatik – jenis tanaman air yang memiliki akar, batang dan daun sejati dan dimanfaatkan sebagai tanaman hias untuk *aquascape*. Misal untuk akuascape di permukaan air : teratai, lotus, azolla, horsetail, dwarf papyrus, pickerel weed, zebra rush, kayu apu, kiambang, antanan, dan hydrilla; dan untuk akuascape di dalam air seperti jenis *Exonodorus*, *Bacoppa*, *Alternantera*, *Valisneria*, *Limnopylla*, *Anubias*, dan berbagai jenis *Moss* (*Peacock*, *Java*, *Spiqy*, *Cakka*, *Ricardia*, *Flem*, *Vellia*, *Crystmes*).
- h. Reptil, seperti buaya, kura-kura.
- i. Coral: (soft dan hard corals), mushroom corals, polyps, sea fans.
- j. Bakteri probiotik: dengan pemanfaatan untuk perbaikan kualitas air, seperti *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* (nitrifikasi), *Pseudomonas* dan *Athrobacter* (degradasi karbohidrat), *Bacillus* (degradasi protein), *Microthrix* (degradasi lemak), *Acinetobacter* (asimilator posfor) dan *Achromobacter* (denitrifikasi). Sedang untuk pencegahan infeksi penyakit dan diberikan lewat pakan atau ke media air budidaya diantaranya adalah *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium*, *Bidobacterium* sp., *Saccharomyces* sp., *Enterococcus* sp., *Pseudoalteromonas*, *Pseudomonas Shewanella*, *Micrococcus*, *Vibrio*, *Clostridium*, dan *Aeromonas*.

Berikut disajikan daftar berbagai jenis biota akuatik yang dapat atau sudah umum dibudidayakan di negara kita, namun tidak memasukkan jenis amfibi, ikan hias dan biota akuatik lainnya yang telah dijelaskan di atas.

Tabel 1.2
 Famili dan contoh spesies biotaakuatik yang umum di budidayakan

Famili	Contoh Spesies	Nama umum
<i>Finfish</i>		
Chanidae	<i>Chanos chanos</i>	Ikan bandeng
Channidae (= Ophicephalidae)	<i>Channa micropeltes</i>	Ikan toman
	<i>Channa striatus</i>	Ikan gabus
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	Ikan sidat
Characidae	<i>Colossoma macropomum</i>	Ikan bawal air tawar
Cyprinidae	<i>Cyprinus carpio</i>	Ikan mas
	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	Ikan grasscarp/kowan
	<i>Osteochilus hasseltii</i>	Ikan nilem
	<i>Puntius gonionotus</i>	Ikan tawes
Clariidae	<i>Clarias batrachus</i>	Ikan lele
Pangasidae	<i>Pangasius djambal</i> <i>Pangasius sutchi</i>	Ikan patin jambal Ikan patin siam
Helostomidae	<i>Helostoma temmincki</i>	Ikan tambakan
Osphronemidae	<i>Osphronemus goramy</i>	Ikan gurame
	<i>Trichogaster pectoralis</i>	Ikan sepat siam
Siganidae (= Teuthidae)	<i>Siganus sp.</i>	Ikan beronang
Centropomidae	<i>Lates calcarifer</i>	Ikan kakap/baramundi
Serranidae	<i>Epinephelus sp.</i>	Ikan kerapu
Cichlidae	<i>Tilapia mossambica</i> <i>Tilapia nilotica</i>	Ikan mujair Ikan nila
Tetraodontidae	<i>Fugu sp.</i>	Ikan buntal
<i>Crustaceans</i>		
Penaeidae	<i>Penaeus monodon</i> <i>Litopenaeus vannamei</i>	Udang windu Udang vaname
Palaemonidae	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Udang galah
Nephropsidae	<i>Panulirus sp.</i>	Lobster
Astacidae	<i>Cherax sp.</i>	Cherax

Famili	Contoh Spesies	Nama umum
Scyllidae	<i>Scylla serrata</i>	Kepiting
Portunidae	<i>Portunis sp.</i>	Rajungan
Molluscs		
Arcidae	<i>Anadara sp.</i>	Kerang darah
Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Kijing
Aviculidae	<i>Perna viridis</i>	Kerang hijau
Ostreidae	<i>Crassostrea sp.</i>	Tiram
Pteriidae	<i>Pinctada maxima</i>	Tiram mutiara
Haliotidae	<i>Haliotis discus hannai</i>	Abalon
Aquatic plants / seaweeds		
Chlorophyceae	<i>Caulerpa racemosa</i>	Lawi-lawi
	<i>Ulva (Enteromorpha) sp.</i>	
Laminariaceae	<i>Laminaria japonica</i>	Kombu
Lessoniaceae	<i>Undaria sp.</i>	Wakame
Bangiaceae	<i>Porphyra sp.</i>	Nori
Solieriaceae	<i>Eucheuma cottonii/ Kappapychus alvarezii Eucheuma spinosum</i>	Cottoni
Gracilariaceae	<i>Gracillaria sp.</i>	Gracillaria

Meskipun demikian pertimbangan pemilihan spesies tetap ditentukan oleh azas manfaat bagi pembudidaya, yaitu untuk mendapatkan manfaat dalam bentuk keuntungan usaha, atau keuntungan kelestarian lingkungan atau keuntungan non-materi seperti kesenangan dan estetika.

3. Pertimbangan karakteristik biologi spesies budidaya

Karakteristik utama yang menentukan kesesuaian spesies untuk budidaya adalah laju pertumbuhan dan produksi ketika dibudidayakan. Ada spesies tertentu yang memiliki laju pertumbuhan yang lambat dan memiliki peluang untuk menjadi kandidat spesies yang dibudidayakan karena nilai pasar mereka, namun seringkali menjadi kurang layak secara ekonomis. Pada prinsipnya, laju pertumbuhan yang lebih cepat memungkinkan mereka untuk tumbuh ke ukuran layak jual dalam waktu yang lebih singkat, sehingga memungkinkan siklus produksi menjadi lebih sering. Ikan yang relatif lebih lambat matang secara

reproduksi sering dipilih karena sebagian besar pakan dan energi akan digunakan untuk pertumbuhan somatik dan bukan untuk energi reproduksi. Hal ini lebih mungkin untuk budidaya pembesaran. Contoh yang umum adalah budidaya pembesaran ikan nila. Ikan nila betina sering mencapai tingkat matang reproduksi sementara ukurannya belum mencapai ukuran siap jual. Hal ini akan merugikan biaya pakan, yang juga mengurangi tingkat keuntungan. Namun untuk pembenihan ikan, spesies ikan demikian akan memberikan banyak keuntungan, karena frekuensi pemijahan, fekunditas, benih yang dihasilkan dalam satu waktu menjadi lebih tinggi sehingga siklus produksi juga menjadi lebih cepat. Hal ini dengan prasyarat penanganan induk, khususnya pakan dan lingkungan, dalam kondisi optimal, sehingga peluang terjadinya telur dan larva berukuran kecil, dan dengan laju pertumbuhan dan kelangsungan hidup benih yang rendah, dapat dihindari.

Pertimbangan lain dalam pemilihan spesies budidaya berdasarkan karakteristik biologinya adalah tingkat efisiensi pakan. Dalam budidaya modern, pakan adalah salah satu elemen utama dari biaya produksi dan bisa mencapai 70 persen. Dalam praktek sistem budidaya tradisional, spesies herbivora atau omnivora lebih dipilih karena mereka dapat memakan organisme pakan alami di dalam air, yang pertumbuhannya dapat ditingkatkan melalui pemupukan dan pengelolaan air. Dalam kasus tersebut, biaya pakan menjadi relatif rendah. Efisiensi pakan dalam kaitannya dengan pertumbuhan dan produktivitas kemudian menjadi kriteria penting. Spesies karnivora umumnya memerlukan diet protein tinggi dan karena itu dianggap lebih mahal untuk diproduksi, meskipun biaya akan sangat tergantung pada ketersediaan bahan pakan lokal dan harganya. Untuk itu spesies karnivora yang dibudidayakan sebaiknya yang memiliki harga pasar yang tinggi, dan umumnya untuk sasaran pasar ekspor.

Bisa juga pembudidaya memilih jenis spesies yang kuat dan dapat mentolerir kondisi kualitas lingkungan yang kurang layak untuk akuakultur, misal pada wilayah yang airnya memiliki suhu dan kandungan oksigen terlarut relatif rendah. Suhu dan konsentrasi oksigen di kolam dapat berfluktuasi dan memburuknya kualitas air tak terhindarkan dapat terjadi. Dalam situasi seperti itu, memilih spesies yang lebih kuat jelas akan lebih baik. Selain kemungkinan efek kualitas air yang buruk pada spesies kandidat, juga perlu mempertimbangkan pengaruh spesies terhadap lingkungan, contohnya ikan introduksi atau ikan dari negara lain yang bersifat invasif. Demikian juga spesies

yang dapat ditebar pada kepadatan tinggi juga dapat dijadikan kandidat spesies budidaya.

4. Introduksi spesies eksotik

Introduksi spesies ikan eksotik atau langka dari luar atau dalam negeri merupakan salah satu pertimbangan pembudidaya dalam memutuskan spesies yang akan dipelihara. Secara umum, sesuatu yang eksotik akan menarik minat konsumen, sesuatu yang eksotik biasanya harganya juga mahal, demikian juga ikan langka pasti lebih mahal harganya karena kompetitor mungkin tidak banyak dan nilai estetika atau gengsi lebih tinggi bagi konsumen ketika mengkosumsinya. Contoh-contoh spesies budidaya yang eksotik atau langka yang diintroduksi ke negara kita adalah udang vaname, ikan aligator, ikan discus, ikan baby dolphin, dan ikan piranha. Namun introduksi spesies eksotik perlu dilakukan hati-hati, karena beberapa dari ikan-ikan telah mengakibatkan efek merugikan pada fauna lokal dan telah memberikan kontribusi terhadap penyebaran penyakit. Namun ada juga ikan introduksi yang telah lama masuk ke suatu wilayah dan dibudidayakan sejak lama, seperti ikan nila, cyprinids (ikan mas, karper Cina), ikan lele, kijing Taiwan dan lobster air tawar.

Untuk mencegah kerugian atau dampak negatif yang ditimbulkan terhadap lingkungan perairan dari introduksi ikan eksotis, maka diperlukan kriteria yang tepat akan ikan tersebut, seperti:

- a. spesies tersebut untuk memenuhi kebutuhan lokal, karena tidak adanya spesies serupa di wilayah introduksi;
- b. spesies eksotik tidak bersaing dengan spesies asli yang bernilai ekonomi dan lingkungan dan tidak sampai mengakibatkan penurunan populasi ikan lokal tersebut;
- c. spesies eksotik tidak kawin silang dengan spesies asli dan menghasilkan hibrida yang tidak diinginkan;
- d. spesies eksotik tidak disertai atau mengandung hama, parasit atau penyakit yang mungkin menyerang spesies asli; dan
- e. spesies eksotik hidup dan berkembang biak dalam kesetimbangan dengan lingkungan barunya;
- f. induk ikan eksotik harus dikarantina, namun sebaiknya spesies introduksi dalam bentuk telur atau benih agar dapat diketahui dalam waktu yang lebih lama karakteristik biologinya di tempat baru;

- g. semua jenis limbah dari karantina ikan eksotik harus didesinfeksi terlebih dahulu sebelum dibuang ke luar.

Ikan hasil panen umumnya dijual secara langsung ke pasar dalam bentuk utuh (hidup atau mati) atau dapat juga diproses terlebih dahulu menjadi produk baru, sehingga memberi nilai tambah, kemudian baru dijual ke konsumen. Untuk akuakultur, memproduksi ikan yang berorientasi ke kebutuhan pasar adalah suatu keharusan. Untuk itu pembudidaya sangat dianjurkan untuk memperoleh informasi dasar tentang dimana pasarnya, kesukaan atau kebiasaan konsumen akan jenis ikan, sebaran geografi konsumen, sosial ekonomi dan budaya konsumen dan besarnya permintaan pasar, baik untuk pasar dalam negeri maupun untuk pasar luar negeri.

Disamping memiliki banyak keunggulan, produk akuakultur juga memiliki sejumlah kelemahan. Akuakultur menghasilkan produk yang mudah rusak dengan umur simpan yang relatif singkat, khususnya produk yang dijual dalam kondisi segar, yang berarti bahwa kemampuan distribusi dan perencanaan produksi (untuk menghindari kelebihan persediaan ke pasar pada waktu tertentu) harus dicermati untuk memenuhi kebutuhan pasar. Juga umum dalam dunia perdagangan, konsekuensi pembangunan akuakultur yang tidak terkontrol adalah produksi lebih besar dari permintaan, sehingga produk kurang terserap, atau harga jatuh.

Meskipun permintaan produk perikanan meningkat, tidak ada jaminan bahwa pembudidaya baru akan memiliki pasar yang dapat diakses atau menguntungkan. Calon pembudidaya harus mengkaji secara menyeluruh pilihan-pilihan pasar, memiliki perkiraan yang baik dari harga yang akan ia terima, dan mengerti aspek lain dari pasar tertentu. Faktor-faktor lain yang perlu dipertimbangkan termasuk: margin antara harga pasar dan biaya produksi; fluktuasi musiman dalam harga dan permintaan; kemampuan pembudidaya untuk secara konsisten menyediakan kualitas dan kuantitas produk yang diminta oleh pasar; persaingan pasar, transportasi yang tersedia, dan undang-undang atau peraturan termasuk izin, dan lain-lain.

Pasar target juga akan menentukan sistem dan teknologi budidaya yang akan digunakan. Sistem produksi yang sangat intensif dimana ia melibatkan biaya produksi yang tinggi, dalam situasi tertentu adalah mungkin saja untuk dilakukan sepanjang pasar ekspor yang menguntungkan tersedia. Sebagai contoh budidaya udang vaname. Budidaya udang ini lebih tepat dilakukan dengan kepadatan tinggi, karena sifat udang vaname yang lebih cenderung hidup

mengisi kolom air, berbeda dengan udang windu yang lebih senang hidup di dasar tambak. Dengan demikian teknologi yang digunakan adalah teknologi semi-intensif sampai super intensif, dan hal ini membutuhkan biaya investasi dan produksi yang tinggi. Namun karena orientasi pasarnya adalah ekspor dan pasar ekspor udang vaname masih terbuka luas, maka industri udang vaname masih layak secara teknis dan ekonomi untuk dikembangkan. Sebagai gambaran umum, biaya produksi 1 kg udang vaname antara 25 – 30 ribu rupiah, sementara harga jualnya sekitar 70 – 90 ribu rupiah, sehingga profit marginnya sangat tinggi. Berbeda dengan produk akuakultur yang pasar targetnya hanya dijual di pasar domestik, kemungkinan menggunakan sistem produksi yang lebih murah mungkin harus dipertimbangkan. Contohnya adalah budidaya ikan mas, dengan keuntungan per kg nya yang relatif kecil, maka penerapan sistem dan teknologi akuakultur yang digunakan juga lebih sederhana.

Penentuan outlet atau pasar target untuk produk akuakultur yang dihasilkan dari budidaya ikan skala kecil harus dibedakan yang dari skala besar. Produksi dari budidaya ikan skala kecil lebih dimaksudkan untuk dipasarkan ke pasar lokal atau regional setelah melewati pengepul. Salah satu yang menjadi hambatan akuakultur skala kecil adalah kontinyuitas produk, biasanya produk cenderung tersedia tidak teratur dan musiman. Sistem pemasaran yang umum dilakukan untuk akuakultur skala kecil diantaranya adalah dijual dari rumah ke rumah, dijual di pasar umum, supermarket dan penjualan ke restoran. Untuk akuakultur skala besar, pasar domestik maupun ekspor adalah sasaran pasarnya. Pengawetan dan pengolahan produk, transportasi jarak jauh dan kemudian berbagai gerai ritel dapat terlibat. Bahkan dalam kasus tersebut, produk bisa dijual dalam kondisi hidup atau segar, seperti misalnya ikan kerapu yang dijual hidup dari perairan Indonesia ke wilayah China, Hongkong, dan Taiwan, ikan mas yang dihasilkan di China daratan yang dijual di pasar Hong Kong, ikan *yellowtail* dan udang *kuruma* di pasar Tokyo, *Macrobrachium* yang dibudidayakan di Martinique dan dijual hidup di pasar Paris, dll. Untuk mengurangi keharusan dalam transportasi berjarak jauh dan menjamin ketersediaan produk-produk segar, perlu untuk pembudidaya melakukan produksi di lokasi-lokasi pinggiran kota untuk mengisi pasar di perkotaan. Bisa juga pembudidaya mengembangkan akuakultur dengan target pasarnya dekat pusat-pusat wisata, atau terletak di dekat resor seperti yang ada di Hungaria, Yunani, Italia, Taiwan dan Jepang.

Karena lokasi produksi dengan lokasi pasar atau konsumen seringkali terletak jauh dan tersebar, maka jarang bagi produsen untuk melakukan

distribusi dan penjualan sendiri, maka menjadi perlu untuk menggunakan perantara atau grosir, meskipun ini akan menghasilkan harga eceran yang lebih tinggi dan / atau menurunkan keuntungan bagi pembudidaya. Di daerah di mana budidaya telah berkembang ke tingkat yang signifikan, kecenderungan umum sekarang adalah untuk mendidik pembudidaya tentang kualitas produk akuakulturnya dan menggunakannya sebagai nilai jual. Banyak negara telah membentuk asosiasi kelompok tani, koperasi atau organisasi serupa untuk mengurangi jumlah perantara (makelar pemasaran) yang terlibat, untuk menyelaraskan pemasaran dalam negeri dan efektif bersaing di pasar ekspor. Organisasi tersebut mampu melakukan program promosi dan publisitas yang berguna dan dengan demikian meningkatkan penjualan. Mereka juga mampu mengatur produksi sesuai dengan permintaan pasar dan menghindari pasar yang jenuh atau stagnan dan konsekuensinya harga produk jatuh.

Sementara produsen skala besar dapat mengorganisir distribusi produk mereka langsung ke pasar utama dan konsumen. Jika produsen skala besar menjual ke sejumlah kecil pelanggan besar, seperti untuk jaringan restoran besar misalnya, yang melakukan pesanan dalam jumlah banyak secara berkala dan dalam jangka panjang, maka dapat meminimalkan atau bahkan menghilangkan keterlibatan pedagang perantara. Contoh lain dalam pemasaran produk akuakultur adalah industri budidaya salmon di Skotlandia, dimana beberapa produsen memutuskan untuk menghindari sistem distribusi tradisional/eceran/grosir dan mulai memasarkan produk mereka langsung ke rumah tangga melalui internet. Sebagian besar produk akuakultur dijual segar atau beku. Hal ini memerlukan pengiriman ke titik penjualan dalam waktu yang sesingkat mungkin. Keberhasilan pasar tergantung pada kecepatan penanganan, pengolahan, pengepakan dan transportasi ke konsumen.

Riset pasar adalah suatu tindakan yang sangat penting dalam akuakultur untuk mendapatkan gambaran tentang potensi pasar, tingkat konsumsi makanan dan kebiasaan diet penduduk, yang dikelompokkan secara geografis dan sosial-ekonomi (berbasis etnis dan tingkat pendapatan). Pola konsumsi produk akuakultur pada kelompok masyarakat dan daerah yang berbeda merupakan faktor penting dalam menentukan permintaan efektif untuk produk akuakultur. Kebiasaan konsumen tidak hanya dipengaruhi oleh tradisi dan budaya, tetapi juga oleh tingkat pendapatan. Ada spesies yang permintaannya akan meningkat dengan meningkatnya pendapatan rata-rata masyarakat. Di sisi lain, konsumsi dan karena itu total permintaan untuk spesies lain mungkin turun dengan peningkatan pendapatan, jika produk tersebut bukan yang sangat disukai. Ketika

mempertimbangkan akuakultur untuk tujuan ekspor, informasi tambahan akan diperlukan tentang tren pasar di negara-negara pengimpor dan tingkat persaingan, selain pengiriman dan adat istiadat suku, peraturan kualitas produk dan nilai tukar mata uang. Kemampuan untuk bersaing di pasar ekspor mungkin sering tergantung pada biaya produksi dan teknologi yang relevan, ketersediaan insentif pemerintah untuk ekspor dan kualitas produk.

Semua jenis riset dan evaluasi pasar atau konsumen tersebut di atas pada akhirnya didasarkan pada pengetahuan yang tepat tentang kebiasaan konsumen, di negara yang memproduksi ikan atau di negara-negara pengimpor. Perbedaan harus dibuat antara pasar konsumen dan pasar industri. Pasar konsumen berkaitan dengan produk akuakultur yang dibeli oleh individu atau rumah tangga untuk konsumsi pribadi. Hal ini sangat dipengaruhi oleh tradisi dan nilai-nilai sosial masyarakat. Sedangkan pasar industri berkaitan dengan pembelian produk akuakultur untuk tujuan membuatnya menjadi produk baru yang bernilai ekonomi lebih tinggi. Ketika informasi yang diperlukan pada kebiasaan konsumen tidak tersedia dari riset pasar sebelumnya, maka akan diperlukan untuk melaksanakan survei khusus untuk memperoleh data preferensi konsumen, sikap dan pola konsumsi. Karakteristik sosial-ekonomi mereka yang mengkonsumsi produk, dan konsumen industri atas dasar bisnis mereka dan nilai tambah produk harus dipertimbangkan.

Ada beberapa metode pengumpulan data konsumen dan masing-masing memiliki kekurangan dan kelebihan. Metode yang paling umum digunakan adalah melalui media kuesioner. Untuk mendapatkan jawaban yang berguna, staf kuesioner harus siap dengan keahlian dan pemahaman tentang psikologi responden. Pertanyaan terbuka biasanya menimbulkan jawaban yang sangat umum, yang mungkin tidak banyak gunanya dalam evaluasi. Pemilihan konsumen, jumlah yang akan disurvei dan cara menghubungi mereka adalah sangat penting. Meskipun sampel acak yang besar akan menjadi yang terbaik, pertimbangan biaya mungkin membuat perlu untuk membatasi jumlah responden; tetapi dapat mewakili kelompok konsumen atau mempengaruhi mereka untuk membeli produk. Cara menghubungi responden akan tergantung sebagian besar pada pola perilaku dan fasilitas komunikasi. Wawancara pribadi mungkin metode terbaik, karena pewawancara dapat mencoba untuk mempengaruhi responden untuk memberikan semua informasi yang tersedia melalui pertanyaan tambahan dan juga membuat beberapa penilaian pada keakuratan jawaban. Ketika ditabulasi dan dianalisis, data dapat memberikan perkiraan yang berguna tentang hubungan antara sejumlah faktor yang diteliti,

seperti penerimaan responden terhadap produk atau kuantitas yang dikonsumsi, sebagai fungsi pendapatan, ras, agama, status sosial dan gaya hidup.

Dengan menggunakan data time-series yang diperoleh melalui survei konsumsi per kapita, pendapatan per kapita, harga spesies akuakultur tertentu dan harga produk yang bersaing, elastisitas permintaan (harga, pendapatan dan lintas-elastisitas) dapat dihitung dengan metode regresi. Elastisitas ini membantu dalam menilai potensi pasar untuk produk akuakultur. Harga dan nilai elastisitas pendapatan dapat digunakan untuk memperkirakan potensi pasar. Elastisitas harga permintaan didefinisikan sebagai persentase perubahan permintaan yang dibuat oleh perubahan satu persen harga di kedua arah, sedangkan faktor-faktor lain (seperti pendapatan dan harga substitusi) tidak berubah. Permintaan untuk produk dianggap elastis ketika nilai absolut elastisitas harga lebih besar dari satu. Hal ini akan menunjukkan bahwa peningkatan produksi dapat diserap oleh pasar sebagai akibat dari penurunan yang relatif kecil dari harga produk. Produsen akan menyadari pendapatan yang lebih tinggi dan konsumen akan membayar harga produk yang lebih rendah. Permintaan untuk produk dianggap *inelastis* ketika nilai absolut elastisitas harga kurang dari satu. Peningkatan produksi akan menyebabkan harga secara substansial turun. Konsumen akan diuntungkan, tetapi produsen harus menjual dengan harga lebih murah.

Elastisitas pendapatan dari permintaan mengukur persentase perubahan jumlah permintaan sebagai akibat dari perubahan satu persen pendapatan, ketika faktor-faktor lain tetap tidak berubah. Peningkatan pendapatan akan mendorong secara proporsional permintaan yang lebih banyak jika elastisitas pendapatan lebih besar dari satu. Di sisi lain, jika elastisitas pendapatan kurang dari satu, peningkatan pendapatan akan mengakibatkan pengurangan secara proporsional terhadap jumlah permintaan. Dalam kasus di mana elastisitas pendapatan negatif, permintaan akan menurun seiring dengan meningkatnya pendapatan. Jelas spesies akuakultur dengan elastisitas pendapatan negatif memiliki potensi akuakultur yang terbatas. Dengan mengalikan proyeksi tingkat pertumbuhan pendapatan riil per kapita dengan setimasi elastisitas pendapatan dari permintaan untuk spesies tertentu, tingkat pertumbuhan yang merupakan hasil dari peningkatan pendapatan dapat diproyeksikan, jika faktor-faktor lain tetap konstan.

Total permintaan efektif untuk spesies tertentu, yang dihasilkan dari peningkatan populasi penduduk dan pendapatan, dapat diperkirakan dengan menggunakan rumus berikut:

$$D_t = D_0 [1 + N + Ee]$$

Dimana

D_t = total permintaan pada tahun t

D_0 = total konsumsi nyata pada tahun awal (total konsumsi nyata didefinisikan sebagai total produksi lokal ditambah impor dikurangi ekspor)

N = laju pertumbuhan penduduk antara tahun awal dan tahun ke t

E = tingkat pertumbuhan pendapatan antara tahun awal dan tahun ke t

e = elastisitas pendapatan dari permintaan

t = Jumlah tahun setelah tahun awal

Dianjurkan untuk membuat estimasi terpisah untuk daerah perkotaan dan pedesaan, karena perbedaan dalam populasi dan pertumbuhan pola pendapatan mereka.

Demikian uraian materi tentang prinsip industri akuakultur sebagai suatu kegiatan ekonomi, dengan sasaran utamanya adalah:

1. produktivitas tinggi;
2. produk berkualitas, termasuk aman untuk dikonsumsi;
3. berwawasan lingkungan;
4. terserap pasar, sehingga mendapatkan keuntungan dan berkelanjutan.



LATIHAN

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

- 1) Apa yang dimaksud dengan Akuakultur?
- 2) Apa yang dimaksud dengan sistim akuakultur terkontrol dan terkontrol sebagian?
- 3) Jelaskan mengapa akuakultur mencakup aspek biologi, ekonomi dan ekologi!
- 4) Jelaskan mengapa akuakultur dianggap sebagai kegiatan industri!
- 5) Jelaskan mengapa dengan akuakultur, produktivitas suatu perairan dapat ditingkatkan!
- 6) Jelaskan mengapa riset pasar produk akuakultur sangat penting!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab soal-soal latihan tersebut di atas, Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Modul -1 khususnya pada materi-materi terkait.

**RANGKUMAN**

Budidaya perikanan atau akuakultur didefinisikan sebagai kegiatan industri yang memproduksi biota (organisme) akuatik (air) (yaitu ikan, krustasea, moluska, echinodermata, mikro dan makro alga, dan sebagainya) di air tawar, payau maupun laut, dalam suatu sistem produksi yang terkontrol atau terkontrol sebagian, untuk mendapatkan keuntungan dan berwawasan lingkungan sehingga berkelanjutan. Dengan demikian terdapat 3 poin utama dari akuakultur, yaitu : produksi, profit atau keuntungan dan berkelanjutan. Contoh sistem produksi yang terkontrol adalah budidaya ikan di akuarium, bak, kolam indoor, dimana jumlah ikan, pakan, pengelolaan air, iklim mikro, hama dan keamanan sebagian besar dapat dikontrol oleh pembudidaya ikan. Contoh sistem produksi yang terkontrol sebagian adalah kolam outdoor, tambak, keramba, dan sistem budidaya di perairan terbuka lainnya, dimana kualitas air, iklim mikro, hama dan keamanan relatif sulit untuk dikontrol oleh pembudidaya.

Ditinjau dari berbagai aspek, akuakultur dapat dikelompokkan berdasarkan : karakteristik lingkungan; zona geospasial; sistem budidaya; jenis biota yang dibudidayakan; tingkat teknologi; tingkat pengembangan usaha; siklus biologi; dan berdasarkan pemanfaatan produk akuakultur.

Akuakultur pada prinsipnya adalah suatu kegiatan industri. Sebagai suatu industri, dengan demikian akuakultur juga mencakup semua aspek yang terkait dengan lini-lini dalam industri, meliputi aspek teknologi dan manajemen input, proses, output dan pasar. Komponen input industri akuakultur meliputi : sumberdaya manusia; sumberdaya alam yang meliputi tanah, air, iklim dan vegetasi; sumberdaya modal untuk pengadaan benih, pakan, peralatan dan lainnya; sumberdaya fasilitas umum seperti jalan, ketersediaan energi; sumberdaya kelembagaan seperti tataruang, peraturan, kelompok tani atau koperasi; dan sumberdaya sosial ekonomi budaya seperti keamanan usaha dan pola konsumsi atau gaya hidup masyarakat. Komponen proses meliputi : teknologi proses budidaya yang tepat dan ramah lingkungan dan manajemen usaha. Komponen output meliputi produk akuakultur dengan jumlah dan kualitas yang tinggi, dan limbah akuakultur yang dikelola dengan baik sehingga tidak mencemari lingkungan. Komponen berikutnya dan yang sangat vital adalah pasar, yang

dapat disiasati dengan mengikuti trend pasar yang ada dengan memenuhi ceruk pasar yang masih tersedia, atau dengan menciptakan ceruk pasar yang baru sebagaimana contoh ikan louhan dan arwana.



TES FORMATIF 1

- 1) Pillay (1993) mengatakan bahwa akuakultur dapat ditinjau dari 8 aspek. Menurut Anda, aspek mana yang paling berperan dalam akuakultur?
- 2) Jelaskan pengertian akuakultur sebagai suatu kegiatan industri!
- 3) Jika Anda diminta untuk melakukan budidaya ikan, bagaimana cara memilih spesies yang akan dibudidayakan?

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif yang terdapat di bagian akhir modul ini. Apabila mencapai tingkat penguasaan 75% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 75%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar, terutama bagian yang belum dikuasai.

KEGIATAN BELAJAR 2

Ruang Lingkup Akuakultur

Selanjutnya mari kita membahas tentang ruang lingkup akuakultur. Karena prinsip dari akuakultur adalah kegiatan industri, sebagaimana telah diuraikan di Kegiatan Belajar 1 di atas, maka ruang lingkup akuakultur juga mencakup semua lini industri akuakultur, yaitu input, proses, output, pascapanen dan pasar. Dengan demikian akuakultur dapat memiliki ruang lingkup industri terintegrasi atau terpadu, yang meliputi unit industri input dalam hal ini unit industri perbenihan ikan dan unit industri pakan ikan; unit industri proses berupa unit industri pembesaran ikan; unit industri output berupa unit industri prosesing ikan melalui *coldstorage*; dan unit pemasaran. Namun dalam modul ini dan modul selanjutnya akan lebih ditekankan kepada produksi ikan, baik unit kegiatan pembenihan maupun pembesaran ikan.

Pembangunan industri akuakultur yang berkaitan dengan produksi ikan atau udang, sesuai dengan yang sudah diuraikan di Kegiatan Belajar 1 dimulai dengan aspek ekonomi, khususnya yang terkait dengan aspek peluang pasar dari produk akuakultur, sehingga dapat ditentukan spesies atau jenis ikan yang layak secara ekonomi untuk dibudidayakan. Bahasan tentang aspek pasar secara garis besar sudah disajikan pula di Kegiatan Belajar 1 di atas. Tahap selanjutnya adalah mengarah ke aspek teknis budidaya, dimana hal ini dimulai dari perencanaan pemilihan lokasi, desain serta konstruksi infrastrukturnya, operasi budidaya dan maintenance. Secara rinci, tahapan-tahapan kerja yang perlu dilakukan secara runut adalah : survey beberapa calon lokasi, investigasi atau survey detil calon lokasi dengan prioritas atau ranking yang paling tinggi, desain bangunan akuakultur, pembebasan lahan, konstruksi bangunan akuakultur, operasi produksi dan pemeliharaan, yang biasa disingkat dengan istilah SIDLaCOM, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. **S** = *Survey*, tahapan untuk mengkaji secara umum beberapa calon lokasi industri berdasarkan beberapa parameter kunci, dan hasil yang akan diperoleh berupa skala prioritas lokasi dengan pemeringkatan/ranking tinggi sampai rendah.
2. **I** = *Investigation*, tahapan mengkaji secara lebih dalam atau detil untuk lokasi dengan prioritas tertinggi. Aspek yang dikaji meliputi aspek biofisik/lingkungan, sosial budaya, ekonomi, hukum dan kelembagaan, infrastruktur, teknologi serta pendanaan.

3. **D** = *Detail design*, meliputi tataletak bangunan/kolam/tambak, dimensi bangunan, biaya dan sebagainya.
4. **La** = *Land acquisition*, tahapan pembebasan lahan untuk pembangunan
5. **C** = *Construction*, tahap pembangunan
6. **O** = *Operation*, tahap proses produksi
7. **M** = *Maintenance*, tahap pemeliharaan fasilitas agar produksi tetap berjalan

A. PEMILIHAN LOKASI UNTUK AKUAKULTUR BERBASIS DARATAN (*LAND-BASED AQUACULTURE*)

Sejarah pengembangan akuakultur di seluruh dunia telah menghasilkan kesimpulan bahwa pemilihan lokasi yang tepat adalah faktor yang paling penting yang menentukan kelayakan industri akuakultur. Meskipun demikian dengan penerapan teknologi tertentu, lokasi yang sebelumnya dianggap tidak layak dapat berubah menjadi layak dan produktif. Namun kembali lagi hal demikian hanya bisa dilakukan jika biaya investasi untuk teknologi tersebut dapat ditutupi oleh margin keuntungan yang diperoleh karena memilih spesies akuakultur yang bernilai ekonomi tinggi. Contoh yang paling nyata adalah penggunaan teknologi kolam beton atau mulsa plastik HDPE untuk budidaya tambak di tanah pesisir yang teksturnya berpasir. Dampaknya ada anggapan bahwa faktor kelayakan suatu lokasi untuk industri akuakultur menjadi kurang penting lagi. Bagaimanapun untuk kasus di negara kita dimana teknologi yang sesuai belum tentu tersedia dan dengan biaya terjangkau ditambah sebagian besar pelaku usaha akuakultur memiliki kemampuan modal yang relatif terbatas, maka tahapan pemilihan lokasi yang layak untuk pengembangan akuakultur tetap sangat penting. Disamping itu lahan yang sesuai atau layak dengan sifat fisika kimia tanah, iklim dan kualitas air yang baik serta ditunjang oleh fasilitas saluran irigasi yang baik biasanya diprioritaskan untuk kegiatan sektor lain, atau sering juga terjadi konflik pemanfaatan lahan dengan pengguna lahan lainnya, sehingga kegiatan pemilihan lokasi tetap diperlukan. Lahan-lahan yang kurang memiliki kasus demikian biasanya adalah lahan-lahan marjinal atau kurang sesuai sehingga kurang peminat dan berakibat harganya juga relatif lebih murah, contohnya adalah lahan gambut, lahan pasang surut, lahan rawa-rawa dan lahan berpasir atau berbatu. Dalam sebagian besar kasus, perlu ditentukan terlebih dahulu spesies yang akan dibudidayakan berdasarkan kebutuhan pasar dan preferensi konsumen, baru dilakukan pemilihan lokasi dan teknologi yang paling cocok yang dapat digunakan untuk tujuan itu.

Faktor lain yang juga perlu untuk menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan lokasi adalah tataruang dan tataguna lahan. Hal ini terkait dengan kemungkinan munculnya ancaman alih fungsi lahan sekitar dan ancaman dari pencemaran lingkungan dari pemanfaatan lahan di kawasan sekitarnya. Dalam kaitan ini, informasi tentang rencana pembangunan untuk lingkungan kawasan sekitarnya akan diperlukan. Sebagai contoh, lahan pertanian yang telah dimanfaatkan untuk waktu yang lama dengan menggunakan pestisida, mungkin memiliki residu yang berbahaya bagi ikan dan kerang. Demikian pula kemungkinan dampak pembuangan limbah dari aktivitas pemukiman dan industri ke dalam saluran air dan sistem irigasi di daerah sekitarnya harus dipertimbangkan.

Pada pengembangan industri akuakultur air payau, lahan yang tersedia biasanya berada di kawasan pesisir, yaitu di sepanjang pantai, di dekat muara sungai, di rawa-rawa sepanjang sungai yang masih terpengaruh pasang surut air laut termasuk rawa bakau, di teluk, dan di laguna. Teknologi pengelolaan air yang paling ekonomis untuk budidaya tambak adalah melalui aliran pasang surut, untuk itu salah satu data yang sangat penting adalah amplitudo dan fluktuasi pasang surut (pasut) di lokasi tersebut. Rentang pasang surut sepanjang garis pantai dapat diperoleh dari tabel pasang surut dari sumber instansi terkait, termasuk dari pelabuhan, tetapi pada muara dan perairan pantai lain yang tidak terdapat data tersebut, perlu dilakukan pengukuran pasang surut secara langsung selama periode waktu tertentu. Hal ini diperlukan untuk menghubungkan level pasang surut dengan elevasi tanah di lokasi kajian. Data tinggi pasut dan elevasi tanah ini diperlukan sebagai dasar konstruksi tambak termasuk saluran irigasi dan drainasenya. Namun, harus diingat bahwa jika energi pasang surut dapat digantikan oleh bentuk-bentuk energi lain untuk pengelolaan air, seperti penggunaan pompa air, maka pertimbangan utama kemudian akan berupa biaya yang dibutuhkan dan ekonomi usaha. Bahkan Gedrey *et al.* (1984) memperkirakan bahwa pembangunan dan pengoperasian sebuah pertambakan dengan sistem pasokan air menggunakan pompa bisa lebih ekonomis daripada pertambakan pasang surut.

1. Survey Kesesuaian Lahan

Dalam perencanaan pembangunan atau pengembangan akuakultur, perlu dilakukan survey lokasi terlebih dahulu. Biasanya dengan beberapa pertimbangan awal kita dihadapkan pada beberapa pilihan lokasi pembangunan akuakultur, dimana pertimbangan yang muncul menyangkut ketersediaan lahan

dan harga tanah, aksesibilitas, dan kedekatan dengan sumber air yang diduga masih baik kualitas maupun kuantitasnya. Informasi tentang poin-poin tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber, baik sumber primer maupun sekunder. Sumber informasi dapat dicari dari fasilitas internet (misal *google earth*), citra satelit, peta-peta dasar dan data dari instansi pemerintah, informasi dari penduduk sekitar calon lokasi dan sebagainya. Selanjutnya survey dilakukan pada calon-calon lokasi tersebut yang hasilnya diharapkan dapat terpilih kandidat lokasi pembangunan industri akuakultur yang memiliki ranking atau prioritas tertinggi. Pada tahap survey ini, tidak semua aspek dan atribut dari sumberdaya tanah, air dan iklim; sumberdaya manusia; sosial-ekonomi-budaya; sarana – prasarana dan infrastruktur serta kelembagaan di atas dikaji semua secara detil, dan aspek maupun atribut yang akan dikaji atau diukur pun dianggap dapat mewakili secara makro calon lokasi akuakultur tersebut. Sebagai contoh survey untuk aspek biofisik dengan atribut sumberdaya air tawar, pengambilan sampel air dilakukan hanya pada 2-3 stasiun pengamatan (misal untuk sumber air dalam bentuk sungai, titik sampling diambil di hulu, tengah dan hilir, pada satu kedalaman saja), dengan parameter yang diamati pH, suhu, kadar oksigen terlarut (*dissolved oxygen/DO*), salinitas, dan pengukuran debit air permukaan saja. Sementara parameter kualitas air yang lebih rinci, seperti BOD, COD, pencemaran logam berat atau pestisida, pasang surut, pola arus dan lainnya dilakukan pada tahapan *investigation* pada lokasi terpilih atau lokasi calon pembangunan akuakultur dengan ranking/prioritas tertinggi.

Kembali ke tahap awal, tahapan survey dimulai dengan melakukan pengumpulan informasi atau data dasar dari setiap calon lokasi (*desk evaluation*), baik berupa peta dasar (misal peta situasi, peta hidrologi dan peta tataguna lahan yang dapat diperoleh dari instansi terkait atau melalui fasilitas *google earth* atau *google map*, peta tanah, peta geologi, peta hidrooceanografi, peta bathimetri, peta topografi, peta tematik (jika ada) seperti peta salinitas, pH dan sebagainya maupun data iklim, penduduk, data sosial ekonomi dan lainnya, yang dapat diperoleh dari instansi pemerintah terkait. Dari data dan peta dasar tersebut, diperoleh gambaran umum calon lokasi akuakultur, sebagai acuan untuk dilakukannya verifikasi secara makro dengan pengecekan ke lapang (*ground check*) untuk parameter-parameter kunci dari atribut pada aspek biofisik/ekologi (air dan tanah) dan sosek (demografi, aksesibilitas, dan sebagainya). Jika tersedia dana, dapat pula memanfaatkan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) menggunakan citra satelit (*landsat*). Beberapa parameter lingkungan yang dapat dihasilkan dari analisis data, peta

maupun citra satelit diantaranya adalah topografi dan elevasi lahan secara makro atau pada skala relatif kasar, penggunaan lahan atau tataguna lahan, jarak lahan dari sumber air tawar (sungai) maupun dari sumber air laut, aksesibilitas, curah hujan dan jenis tanah (terutama data tentang tekstur tanah). Selanjutnya setiap parameter yang dievaluasi diberi pembobotan dan skoring yang nilainya ditentukan oleh seberapa vital parameter tersebut berpengaruh terhadap produksi biota yang akan dikultur, atau seberapa tinggi input teknologi atau biaya yang diperlukan untuk memperbaiki parameter tersebut agar dapat memenuhi persyaratan akuakultur. Sebagai contoh, hasil kajian dari M. Karthika, *et al*, Central Institute of Fisheries Education India, yang berjudul Brackish water aquaculture site selection in Palghar Taluk, Thane district of Maharashtra, India, using the techniques of remote sensing and geographical information system, yang dimuat pada jurnal *Aquacultural Engineering* 32 (2005) halaman 285–302 yang disajikan di uraian selanjutnya.

Untuk setiap parameter diberi skor dengan dibuat 3 klas kesesuaian : **S1** (sesuai) diberi skor 3; **S2** (sesuai bersyarat) dengan skor 2; dan **KS** (kurang sesuai) dengan skor 1. S1 menunjukkan lahan layak digunakan untuk akuakultur tanpa atau sedikit (*slightly*) memiliki faktor pembatas, yaitu faktor yang dapat mempengaruhi atau menghambat produktivitas, sehingga hampir tidak atau sangat sedikit memerlukan input teknologi yang dibutuhkan (sebagai contoh sumber air pasok jumlahnya mencukupi namun salinitasnya kurang layak sehingga memerlukan input teknologi yang relatif mudah seperti berupa pompa). S2 menunjukkan terdapat faktor yang menjadi pembatas, namun dapat digunakan dengan syarat digunakan input teknologi (*moderate*). Sedang KS merupakan areal dengan banyak faktor pembatas dan membutuhkan input teknologi dengan biaya yang besar (*severe*). Skor ini selanjutnya dikalikan dengan bobot relatif dari masing-masing parameter seperti tersaji pada Tabel 1.3. Dan untuk parameter sumberdaya air dan tanah pengelompokan kelas kesesuaian lahan disajikan pada Tabel 1.4. Calon lokasi pembangunan atau pengembangan akuakultur yang memiliki nilai tertinggi merupakan calon terkuat untuk dijadikan lokasi pembangunan akuakultur yang direncanakan.

Tabel 1.3
Pembobotan relatif dari berbagai parameter untuk lokasi budidaya tambak udang

S. No.	Parameters	Relative weighting
I.	Engineering parameters	
1.	Topography	4
2.	Drainage facility	4
3.	Distance from the water source	4
4.	Freshwater supply	2
5.	Brackish water supply	4
6.	Tidal amplitude	4
II.	Soil quality parameters	
1.	pH	4
2.	Percentage of clay	4
3.	Organic carbon	3
4.	Available nitrogen	2
5.	Available phosphorus	1
III.	Water quality parameters	
1.	Temperature	4
2.	Dissolved oxygen	4
3.	Salinity	4
4.	pH	4
5.	Alkalinity	1
6.	NH ₄ -N	1
7.	NO ₂ -N	1
8.	NO ₃ -N	1
9.	PO ₄ -P	1
10.	Impact of pollution	4
IV.	Infrastructure facilities	
1.	Accessibility to the site	4
2.	Land value	3
3.	Availability of seed	4
4.	Feed and fertilizers	4
5.	Marketing facility	4
6.	Power facility	2
7.	Availability of labour and percentage of literacy	2
8.	Machinery and chemicals	2
9.	Availability of technical guidance	1
10.	Other facilities	1
V.	Meteorological parameters	
1.	Annual rainfall	3
2.	Air temperature	2
3.	Relative humidity	1
4.	Storm/dust frequency	2
VI.	Social restriction	4

Dengan demikian terdapat 6 parameter utama yang diberi pembobotan relatif, yaitu:

- I. Engineering parameters
- II. Soil quality parameters
- III. Water quality parameters
- IV. Infrastructure facilities
- V. Meteorological parameters
- VI. Social restriction

Masing-masing parameter diperinci lagi kedalam parameter-parameter yang terkait (Tabel 1.3 diatas), dan contoh cara skoring serta perhitungan nilai setiap parameter pada kajian tersebut di atas disajikan di Tabel 1.5 di bawah ini.

Tabel 1.4
Kategori pembatas dari parameter kualitas tanah dan air untuk tambak udang

Parameters	Slight	Moderate	Severe
Soil quality parameters			
pH	6.5–8.5	5.5–6.5 and 8.5–9.5	<5.5 and >9.5
Clay content (%)	25–60	10–25	<10 and >60
Organic carbon (%)	>0.5	<0.5	–
Available nitrogen (ppm)	>500	250–500	<250
Available phosphorous (ppm)	>60	30–60	<30
Water quality parameters			
Temperature	28–33	–	–
Salinity	15–25	10–15 and 25–35	0–10 and 35–50
Dissolved oxygen (mg/l)	5–7	3–5 and 7–12	<3 and >12
pH	0.8–8.5	7.5–8 and 8.5–8.7	<7.5 and >8.7
Alkalinity (ppm)	200	50–200	<50
NH ₄ -N (ppm)	0–1	–	>1
NO ₂ -N (ppm)	0–0.25	–	>0.25
NO ₃ -N (ppm)	0.1–3.0	–	>3.0
PO ₄ -P (ppm)	0.05–0.2	<0.05	>0.2

Source: Banerjee (1967), Boyd (1995), Chattopadhyay and Mandal (1986), Hand Book of Shrimp Farming, MPEDA (1991), Aquaculture authority (Govt. of India) (1999).

Tabel 1.5
Skoring, bobot dan nilai setiap parameter yang dikaji

	Parameters	Description	S (score)	RW (relative weightage)	Nilai
I	Engineering parameters				
	1. Topography	Flat	3	4	12
		Slightly undulated	2		8
	2. Drainage facility (ground water level)	<20 ft.	3	4	12
	3. Distance from the water source	<1	3	4	12
		1–2 km	2		8
		2–3 km	1		4

	Parameters	Description	S (score)	RW (relative weightage)	Nilai
	4. Fresh water facility	Available	3	2	6
	5. Brackish water facility	River source	3	4	12
		Stream source during monsoon season	2		8
		No freshwater source except ground water	1		4
	6. Tidal amplitude	0.05 m – 6.65 m	2	4	8
		Cumulative value (maximum 66)			58 and 54; 50; 46; 42
II	Soil quality parameters				
	1. Percentage of clay content	25–40	3	4	12
	2. pH	7.8–8.1	3	4	12
	3. Organic carbon (%)	0.50–0.58	3	3	9
		0.20–0.45	2		6
	4. Available nitrogen (ppm)	200–385	2	2	4
	5. Available phosphorus (ppm)	37–60	2	1	2
		Cumulative value (maximum 42)			39; 36
III	Water quality parameters				
	1. Temperature (8C)	23–26	2	4	8
	2. Salinity (ppt)	29–31: reduces during monsoon	3	4	12
		40–41: during monsoon	2		8
		50: no influence	1		4
	3. Dissolved oxygen (mg/l)	6.0–7.2	3	4	12
		4.5–5	2		8
	4. pH	8.16–8.50	3	4	12

	Parameters	Description	S (score)	RW (relative weightage)	Nilai
		8.60–8.88	2	1	2
	5. Alkalinity (ppm)	91–135	2	1	2
	6. NH ₄ -N (ppm)	0.13–0.25	3	1	3
	7. NO ₂ -N (ppm)	0.045–0.150	3	1	3
	8. NO ₃ -N (ppm)	1.7–2.3	3	1	3
	9. PO ₄ -P (ppm)	0.05–0.08	3	1	3
	10. Impact of pollution	Very less; existence of some shrimp farms may cause of some risks in terms of pollution	3	4	12
		Some domestic sewage with small size creek	2		8
		Cumulative value (maximum 75)			70;66;58;50
IV	Infrastructure facilities				
	1. Accessibility to the site	Good road facility available (tar road)	3	4	12
	2. Land value	Distance from the processing plants <50 km	3	3	9
	3. Availability of seed	Distance from the power source <1 km	2	4	8
	4. Feed and fertilizers	Min. population of 3000 with 50 % literacy with in 1 km distance from each site.	3	4	12
	5. Marketing facility	<50 km (Mumbai) and Import from abroad	3	4	12
	6. Power facility		3	2	6
	7. Availability of labour and % of literacy		3	2	6
	8. Machinery and chemicals		2	2	4
	9. Availability of technical guidance		3	1	3
	10. Other facilities (post office, Fishermen co- operative		2	1	2

	Parameters	Description	S (score)	RW (relative weightage)	Nilai
	society, bank etc.)				
		Cumulative value (maximum 81)			74 and 70
V	Meteorological parameters				
	1. Annual Rainfall	Seasonal, not constant through out the year (monthly mean rainfall range is 0.018–556.445 mm)	2	3	6
	2. Atmospheric temperature	Daily and seasonal fluctuations (monthly mean maximum temperature range is 30.14–34.218 8C monthly mean minimum temperature range is 17.3–26.964 8C)	2	2	4
	3. Relative humidity	Daily and seasonal fluctuations monthly (mean relative humidity ranges are 64–87.72% and 62.77–83.21%, taken at 0830 h and 1730 h)	2	1	2
	4. Storm/Dust frequency	Nil (1950–1980, not available for the recent years)	3	2	6
		Cumulative value (maximum 24)			18
VI	Social restriction				
		No restriction	3	4	12

Tabel 1.6
Klasifikasi lahan prioritas dan luasannya

	Value	Priority	Area		Suitability
			Ha	% of xxxxx ha	
1	>270	1			Highly suitable
2	265 – 270	2			Suitable
3	260 – 265	3			

	Value	Priority	Area		Suitability
			Ha	% of xxxxx ha	
4	255 – 260	4			
5	250 – 255	5			
6	245 – 250	6			
7	240 – 245	7			
8	235 – 240	8			
9	230 – 235	9			
10	225 – 230	10			
11	220 – 225	11			Moderately suitable
12	< 220	•			
					Unsuitable

Dari contoh kajian survey kesesuaian lahan calon lokasi untuk budidaya tambak udang di atas, dapat diperoleh lokasi-lokasi yang mendapat prioritas utama untuk dipilih sebagai calon lokasi tambak dan luasannya yang selanjutnya dilakukan survei detail atau Investigation pada lokasi terpilih tersebut untuk setiap parameter yang dibutuhkan. Perlu dicatat bahwa semua parameter pada contoh di atas, belum semuanya mencakup data yang sangat penting pembangunan tambak. Sebagai contoh, data tentang arah dan kecepatan arus, bathimetri, tinggi gelombang, pencemaran pestisida, logam berat, data demografi penduduk secara lebih rinci, keamanan usaha, dan lain-lainnya belum dikaji. Semua data ini nantinya memang akan dikaji di tahapan selanjutnya, yaitu Investigation pada lokasi terpilih. Demikian juga penentuan skor untuk setiap parameter dapat berubah, disesuaikan dengan kondisi lokasi yang akan disurvei. Sebagai contoh, dalam kajian ini ketersediaan jaringan listrik hanya diberi bobot 2 (Tabel 1.3), sementara untuk kasus di Indonesia, para pembudidaya udang sangat mengandalkan ketersediaan jaringan listrik untuk kebutuhan energinya, sehingga bisa jadi bobotnya adalah 4. Demikian juga untuk parameter lain, baik skoring maupun bobot bisa disesuaikan menurut kondisi lokasi survey dan persepsi tim survey. Contoh di atas ditujukan untuk perencanaan pembangunan industri akuakultur yang berbasis daratan, atau yang dibangun fasilitasnya di darat, sementara untuk akuakultur yang berbasis perairan terbuka, seperti keramba jaring apung, tahapan pemilihan lokasinya perlu disesuaikan.

2. *Investigation*

Setelah lokasi terpilih diperoleh, selanjutnya dilakukan kajian aspek dan atribut secara lebih rinci dan mendalam melalui investigasi atau survey detail, tanpa perlu memberi skor dan pembobotan lagi. Untuk beberapa parameter, pengambilan titik sampling perlu lebih banyak dan menyebar secara vertikal maupun horisontal. Sebagai contoh, untuk mengukur pH air, perlu diukur pada beberapa kedalaman, dan pada beberapa stasiun pengamatan.

Secara detail aspek beserta atribut yang diamati sudah diuraikan di sub-pokok bahasan Prinsip Akuakultur.

- a. Aspek/dimensi bio-fisik/ekologi/sumberdaya lingkungan
 - 1) Sumberdaya Tanah: topografi, jenis, sifat fisik (tekstur), sifat kimia (pH, bahan organik, pyrit), vegetasi/tutupan lahan/tataguna lahan.
 - 2) Sumberdaya Air: hidrologi (sumber air, baik kuantitasnya termasuk kontinuitas sumber air pasok tersebut, jaraknya, maupun kualitas fisik-kimia-biologi airnya termasuk ancaman hama penyakit, pencemaran dan banjir); hidrooceanografi (kecepatan arus, pola arus, pasang surut, gelombang; bathimetri).
 - 3) Agroklimat: intensitas curah hujan, jumlah hari hujan, suhu udara, bulan basah/kering, badai, kecepatan dan arah angin.
- b. Aspek/dimensi sosial – budaya
 - 1) Ketersediaan sumberdaya manusia (jumlah, jenis kelamin, umur, pendidikan, sebaran).
 - 2) Keamanan, konflik sosial, adat.
- c. Aspek/dimensi ekonomi & infrastruktur
 - 1) Aksesibilitas ke lokasi dan pasar (ketersediaan sarana-prasarana, pemasaran hasil).
 - 2) Ketersediaan sarana dan prasarana (saluran irigasi, dan sebagainya).
 - 3) Ketersediaan sumber energi/listrik.
 - 4) Ketersediaan fasilitas umum lainnya (fasilitas komunikasi, kesehatan, dan sebagainya).
- d. Aspek/dimensi hukum,tatakelola dan kelembagaan
 - 1) Tataruang wilayah.
 - 2) Tataguna lahan.
 - 3) Peraturan, dan sebagainya.
 - 4) Kelompok tani.
- e. Aspek/dimensi pendanaan: perbankan, kredit, dan sebagainya.

- f. *aspek/dimensi teknologi*: ketersediaan input, teknologi budidaya, panen dan pasca panen, pengolahan limbah dan pemasaran hasil akuakultur.

3. Sumberdaya Lahan

Dalam pembangunan industri akuakultur berbasis daratan, berdasarkan pertimbangan biaya investasi dan kondisi permodalan sebagian besar pembudidaya kita, maka kolam atau tambak akan dibangun dari tanah, untuk itu dalam membangun industri akuakultur, pemilihan lokasi terkait dengan sumberdaya tanah merupakan salah satu faktor yang penting dalam mempengaruhi keberhasilan usaha akuakultur. Tanah yang subur, dengan topografi relatif datar dengan tekstur tanah liat berpasir misalnya, akan memiliki kelebihan untuk digunakan sebagai lokasi dan wadah budidaya, dan ketika dijadikan kolam atau tambak tidak banyak membutuhkan input teknologi. Namun tanah-tanah tersebut bisa jadi harganya relatif mahal. Sementara tanah marjinal, seperti kawasan pasang surut berpasir atau tanah bergambut, memiliki banyak keterbatasan teknis, sehingga perlu banyak input teknologi (seperti terpal, kapur, dan sebagainya), tetapi harganya relatif murah. Pertimbangan kelayakan secara teknis perlu dibarengi dengan perhitungan kelayakan secara ekonomi. Sebagai contoh, boleh jadi lokasi yang dipilih memiliki tekstur pasir atau gambut karena berharga murah, dan memerlukan input teknologi yang besar (seperti teknologi *biocrete*, *lining* dengan plastik mulsa, terpal *high density polyesther* atau HDPE), namun ketika biota air yang dipilih memiliki prospek ekonomi yang tinggi, seperti udang, maka bisa jadi lokasi tersebut tetap layak dipilih. Jadi kembali bahwa di dalam sebagian besar kasus, penentuan lokasi akan ditentukan oleh spesies yang akan dikultur yang akan memberikan margin keuntungan yang tinggi dan teknologinya tersedia.

Kualitas tanah cukup penting bukan hanya karena pengaruhnya terhadap produktivitas dan kualitas air di atasnya, tetapi juga untuk kesesuaian konstruksi pematang tambak. Kemampuan tambak atau kolam untuk mempertahankan ketinggian air yang dibutuhkan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik tanah. Oleh karena itu penting untuk melakukan kajian tanah yang tepat ketika memilih lokasi untuk akuakultur. Tekstur dan porositas adalah dua sifat fisik yang paling penting untuk dianalisis. Tekstur tanah tergantung pada proporsi relatif dari partikel pasir, debu dan liat. Tanah yang disukai untuk konstruksi tambak adalah liat berpasir, lempung liat, lempung liat berdebu, lempung berdebu dan lempung liat berpasir. Lempung liat berpasir adalah yang terbaik untuk pematang tambak.

Secara umum, tanpa mengaitkan dengan ilmu klasifikasi tanah, jenis tanah yang sering dimanfaatkan untuk pembangunan industri akuakultur adalah:

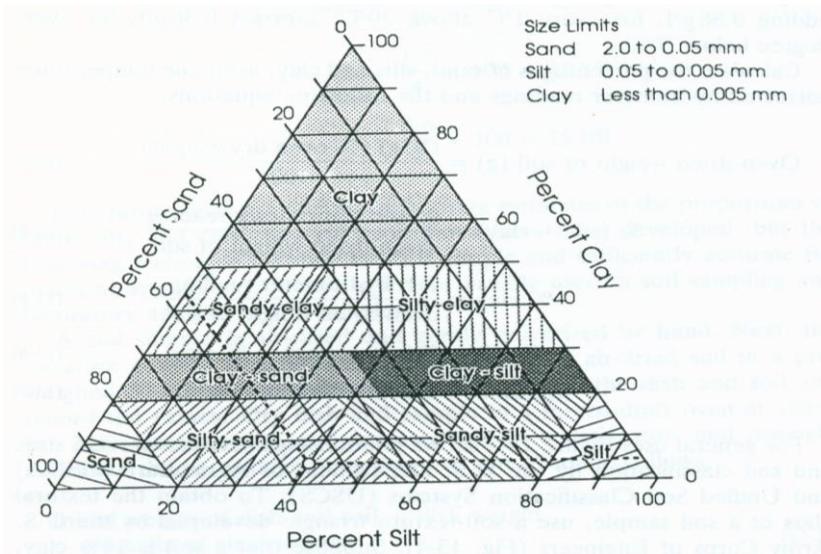
a. **Tanah mineral:** tanah yang sebagian besar bahan penyusunnya adalah mineral tanah. Ini adalah jenis tanah yang paling umum kita jumpai sehari-hari. Secara umum sifat kimia tanah yang perlu dikaji adalah pH tanah, bahan organik tanah, dan ada tidaknya pencemaran (pestisida, logam berat, deterjen, minyak). Sedangkan dari sifat fisik tanah mineral, yang perlu dikaji adalah kedalaman solum tanah (kedalaman lapisan tanah sampai lapisan batuan), topografi, lereng atau kemiringan lahan dan tekstur tanah. Tekstur tanah merupakan perbandingan relatif dari 3 fraksi utama tanah, yaitu pasir (*sand*, berukuran 0.02 - 2 mm), debu (*silt*, ukuran 0.002 – 0.02 mm) dan liat (*clay*, ukuran < 0.002 mm). Berdasarkan perbandingan banyaknya pasir, debu dan liat maka tanah dikelompokkan ke dalam beberapa macam kelas tekstur:

- 1) Kasar : Pasir (*sand, s*)
Pasir = 85-100%; Debu = 0-15%; Liat = 0-10%)
Pasir berlempung (*loamy sand, ls*)
(Pasir = 70-90%; Debu = 0-30%; Liat = 0-15%)
- 2) Agak Kasar : Lempung berpasir (*sandy loam, sl*)
(Pasir = 43-85%; Debu = 0-50%; Liat = 0-20%)
- 3) Sedang : Lempung (*loam, l*)
(Pasir = 23-52%; Debu = 28-50%; Liat = 7-27%)
Lempung berdebu (*silty loam, si.l*)
(Pasir = 0-50%; Debu = 50-88%; Liat = 0-27%)
Debu (*silt, si*)
(Pasir = 0-20%; Debu = 80-100%; Liat = 0-12%)
- 4) Agak Halus : Lempung liat berpasir (*sandy clay loam, s.cl.l*)
(Pasir = 45-80%; Debu = 0-28%; Liat = 20-35%)
Lempung berliat (*clayey loam, cl.l*)
(Pasir = 20-45%; Debu = 15-53%; Liat = 27-40%)
Lempung liat berdebu (*silty clay loam, si.cl.l*)
(Pasir = 0-20%; Debu = 40-73%; Liat = 27-40%)
- 5) Halus : Liat berpasir (*sandy clay, s.cl*)
(Pasir = 35-55%; Debu = 0-20%; Liat = 35-55%)
Liat berdebu (*silty clay, si.cl*)
(Pasir = 0-20%; Debu = 40-60%; Liat = 40-60%)

Liat (*clay, cl*)

(Pasir = 0-15%; Debu = 0-40%; Liat = 40-100%)

Penentuan tekstur tanah secara lebih kuantitatif dilakukan di laboratorium dengan metode Bouyoucos (cara Hidrometer) atau dengan metode Pipet, dan hasil pengukuran kemudian ditetapkan klas tekstur tanahnya dengan menggunakan diagram segitiga tekstur tanah (Gambar 1.2).



Gambar 1.2
 Diagram segitiga tekstur tanah

Untuk keperluan sementara, penetapan tekstur dapat dilakukan di lapang dengan cara mengambil sejumlah contoh tanah sebesar kelereng dan dibasahi secukupnya, selanjutnya dengan menggunakan ibu jari dan telunjuk, contoh tanah tersebut dibuat bola dan pita, selanjutnya diidentifikasi dengan mengikuti Tabel 1.7 sebagai berikut.

Tabel 1.7
 Penetapan klas tekstur tanah di Lapang berdasarkan perasaan ibu jari dan
 telunjuk surveyor

	Bentuk Bola/Pita	Kelekatan	Rasa
Pasir (s)	Tidak membentuk bola atau pita	Tidak melekat	Sangat kasar sekali
Pasir Berlempung (ls)	Membentuk bola yang mudah sekali hancur	Agak melekat	Sangat kasar
Lempung Berpasir (sl)	Membentuk bola agak kukuh, tapi mudah hancur	Melekat	Agak kasar
Lempung (l)	Membentuk bola yang kukuh, tapi tak dapat membentuk pita	Melekat	Tidak kasar & tidak licin
Lempung Berdebu (si.l)	Membentuk bola yang kukuh, punya tendensi membentuk pita yang bergumpal	Melekat	Licin
Debu (si)	Membentuk bola yang kukuh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat	Melekat	Licin sekali
Lempung Berliat (cl.l)	Membentuk bola yang bila kering agak keras, dapat dibuat pita, tapi mudah patah	Melekat	Agak kasar
Lempung Liat Berpasir (s.cl.l)	Mirip Lempung Berliat	Melekat	Agak lebih kasar
Lempung Liat Berdebu (si.cl.l)	Mirip Lempung Berliat	Melekat	Terasa licin
Liat Berpasir	Membentuk bola dan pita	Sangat	Rasanya

	Bentuk Bola/Pita	Kelekatkan	Rasa
(s.cl)	yang rasanya kasar	Melekat	kasar
Liat Berdebu (si.cl)	Membentuk bola sempurna, bila kering sangat keras, dapat membentuk pita panjang 2.5 – 7.5 cm yang tak putus-putus	Sangat Melekat	Lebih licin/ lebih halus karena terdapat debu
Liat (cl)	Membentuk bola sempurna, bila kering sangat keras, dapat membentuk pita panjang 2.5 – 7.5 cm yang tak putus-putus	Sangat Melekat	

Selanjutnya untuk keperluan praktis, kelas tekstur dikelompokkan dalam 5 kelas seperti tersaji di Tabel 1.8 berikut.

Tabel 1.8
Pengelompokkan kelas tekstur tanah untuk kepentingan praktis

	Kelompok	Tekstur
1	Kasar	Pasir
		Pasir Berlempung
2	Agak Kasar	Lempung Berpasir
3	Sedang	Lempung
		Lempung Berdebu
		Debu
4	Agak Halus	Lempung Berliat
		Lempung Liat Berpasir
		Lempung Liat Berdebu

	Kelompok	Tekstur
5	Halus	Liat Berpasir
		Liat Berdebu
		Liat

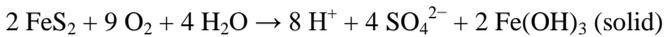
Untuk konstruksi kolam tekstur tanah yang sesuai adalah liat berpasir sampai lempung berliat. Sedangkan menurut Pillay (1993) tekstur tanah yang lebih sesuai untuk kolam adalah lempung berliat; lempung liat berdebu; dan liat berpasir. Untuk konstruksi pematang tambak, tekstur tanah yang terbaik adalah liat berpasir atau lempung berpasir, karena kuat dan keras serta tidak retak-retak ketika pematang tambak kering. Namun menurut Pillay (1993) lempung liat berpasir adalah yang terbaik untuk pematang tambak. Sedangkan untuk dasar tambak dapat digunakan tanah dengan tekstur lempung berliat; lempung liat berdebu; lempung berdebu; dan lempung liat berpasir.

- b. **Tanah sulfat masam.** Salah satu sumberdaya tanah mineral yang luasannya cukup besar namun bersifat marjinal adalah Tanah Sulfat Masam/Pyrit (FeS_2). Tanah ini juga bisa tanah mineral, tersusun dari mineral tanah (pasir, debu dan liat), atau bahan organik/gambut, namun sering tergenang atau sering terkena pengaruh pasang surut air laut, sehingga mengandung mineral pyrit (FeS_2) dalam jumlah cukup banyak. Tanah sulfat masam terbentuk oleh aktivitas bakteri *Desulfovibrio desulfuricans* atau *Desulfo maculatum* yang mendapatkan oksigen untuk respirasinya melalui reduksi ion-ion sulfat dalam air laut atau air tanah, menghasilkan hidrogen sulfida (H_2S). Selanjutnya sulfida ini bereaksi dengan logam khususnya besi di sedimen tanah atau kolom air, untuk menghasilkan sulfida logam (komponen utama tanah sulfat masam). Dalam rangka untuk mengubah sulfat menjadi sulfida, bakteri juga membutuhkan sumber energi yang disediakan oleh bahan organik seperti vegetasi atau tanaman yang membusuk.

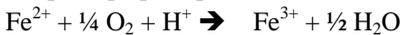
Sumber sulfur dalam air atau tanah dapat dari bahan organik (serasah tanaman), atau dari air laut (kandungan sulfur air laut terbanyak ketiga setelah ion Klorida/Cl dan ion Natrium/Na (Cl : 19.34; Na : 10.77; SO_4^{2-} : 2.71 g/kg air laut).

Ketika tanah ini dalam kondisi alamiah, ia tidak atau sedikit memiliki resiko terhadap tanaman atau hewan yang hidup di atasnya. Namun ketika tanah ini digali, sehingga terpapar ke oksigen, ia akan mengalami oksidasi menghasilkan asam sulfat yang mengakibatkan tanah ini menjadi masam (pH bisa mencapai < 4) sehingga disebut tanah sulfat masam.

Reaksi oksidasi pyrit sebagai berikut :



Atau :



Bakteri yang terlibat dalam oksidasi pyrit ini adalah *Thiobacillus sp.*

Produk oksidasi pyrit lainnya adalah ion Aluminium (Al^{3+}) yang bersifat toksik untuk tanaman dan hewan; Hydrogen sulfide (H_2S), gas berbau busuk; Sulfur (S), padatan berwarna kuning; Iron(II) sulfide (FeS), a padatan berwarna hitam, kelabu atau kebiruan; Hematite (Fe_2O_3), padatan berwarna merah; dan Goethite (FeO.OH), mineral berwarna coklat.

Salah satu ciri atau bioindikator tanah sulfat masam di daerah pesisir atau pasang surut adalah tanaman mangrove jenis Nipah, atau bisa juga tanaman bakau jenis *Rhizophora* dan *Melaleuca*. Kemudian ketika tanah digali, dalam bongkahan tanah akan terlihat bercak berwarna kuning pucat dan tercium bau belerang (Gambar 1.3), dan ketika tanah menjadi kering, pH tanah turun 3 unit.



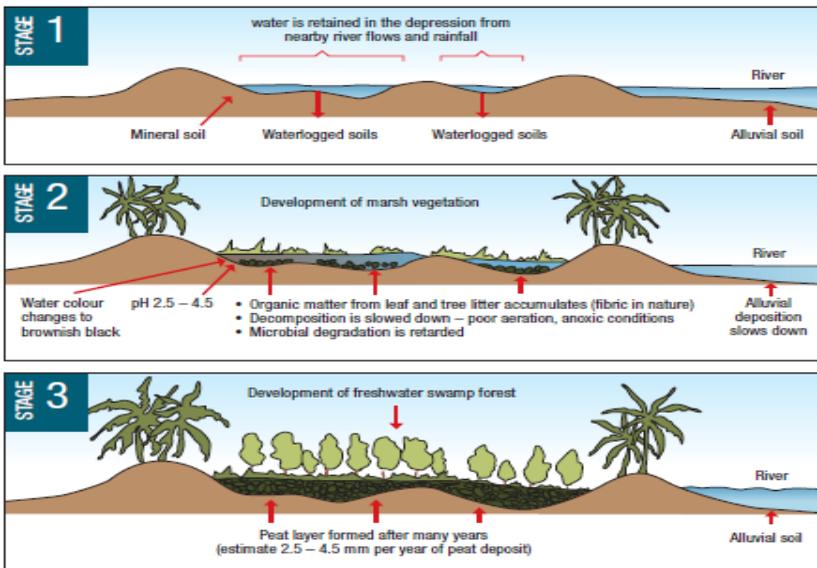
Gambar 1.3
Tanaman Nipah dan tanah berbercak kuning sebagai indikator tanah sulfat masam

Seperti disebutkan sebelumnya salah satu masalah utama dalam pemilihan lokasi untuk pertambakan di daerah tropis seperti Indonesia adalah luasnya tanah-tanah sulfat masam. Meskipun tanah tersebut juga ditemukan di rawa-rawa air tawar, namun masalahnya menjadi lebih berat di daerah air payau. Kondisi yang sangat masam menghambat produksi organisme pakan alami dan produksi ikan atau udang. Unsur besi dan aluminium, yang dilepaskan ke dalam air dalam jumlah toksik yang membuat nutrisi fosfor menjadi tidak tersedia, menyebabkan banyak kekurangan pupuk fosfor untuk pertumbuhan phytoplankton. Gejala ikan atau udang tiba-tiba mati saat turun hujan setelah musim kemarau panjang adalah fenomena umum. Hal ini disebabkan limpasan air yang sangat masam hasil pencucian tanah-tanah dari sekitar tanggul yang masuk ke dalam tambak yang dibangun di atas tanah tersebut. Dalam memilih lokasi untuk tambak, selain kita harus memperhitungkan keberadaan asam sulfat tetapi juga memperhitungkan potensi untuk berkembangnya kondisi masam sebagai akibat dari drainase tanah sulfat masam setelah konstruksi tambak tersebut.

- c. **Tanah Organik atau Tanah Gambut** : tanah yang sebagian besar bahan penyusunnya adalah bahan organik (> 30% dengan ketebalan lapisan bahan organik > 40 cm), yang merupakan hasil pelapukan sisa-sisa atau serasah tanaman hutan (gambut berkayu) atau tanaman air (misal rumput) di rawa (gambut endapan). Berdasarkan kedalaman, dibedakan : Gambut Dangkal (>0.4 – 1 m); Gambut Sedang (1 -2 m); Gambut Dalam (2 – 3 m); dan

- d. **Gambut Sangat Dalam (> 3m).** Berdasarkan tingkat kematangan gambut atau tingkat pelapukan bahan organiknya, dibedakan: Gambut Mentah (Fibrik, kadar serat > 66%, warna gambut kelabu kuning – coklat muda); Gambut Setengah Matang (Hemik, kadar serat sedang 33 – 66% , warna gambut coklat – coklat tua) dan Gambut Matang (Saprik, kadar serat < 33%, warna gambut: coklat tua - hitam). Secara fisik, tanah gambut memiliki karakteristik fisik: mampu menyimpan air sebesar 90%, namun jika kering, gambut tidak bisa balik menjadi basah seperti semula (*irreversible drying*), kerapatan volume (berat jenis) rendah, daya dukung fisik rendah sehingga mudah amblas/*subsiden*. Secara kimia tanah, karakteristiknya adalah: memiliki pH masam (2.27- 4.30) dan kesuburan tanah rendah (kandungan mineral rendah, asam-asam organik tinggi yang dapat bersifat toksik).

Proses pembentukan tanah gambut dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4
Proses pembentukan tanah gambut

Selain sifat fisik-kimia-biologi tanah dan jenis tanah, faktor lain yang juga penting adalah kemiringan lahan dan elevasi lahan terhadap tinggi pasang

surut, khususnya diperlukan untuk konstruksi tambak. Kemiringan lahan yang terbaik adalah $< 3\%$. Pada lahan-lahan pesisir yang akan dibangun tambak, pengukuran pasang surut harus dilakukan, hal ini terkait dengan penentuan elevasi dasar tambak. Fluktuasi pasang surut setinggi 3 m dianggap ideal untuk pembangunan tambak. Namun dengan tersedianya sistem irigasi dan drainase dengan menggunakan pompa, maka bisa jadi pasang surut menjadi kurang penting. Namun hal ini membutuhkan biaya investasi. Kembali ini semua ditentukan oleh spesies biota yang dibudidayakan, apakah bernilai ekonomi tinggi atau tidak.

B. OPERATION (TEKNOLOGI PROSES BUDIDAYA)

Operasi atau menjalankan kegiatan akuakultur, atau dalam runutan tahapan industri setelah INPUT, adalah kegiatan PROSES akuakultur. Sesungguhnya pada tahapan proses akuakultur, tercakup 2 aspek utama, yaitu teknologi dan manajemen akuakultur. Sebagaimana kegiatan industri bidang lainnya, manajemen pada industri akuakultur juga mencakup manajemen sumberdaya manusia, manajemen keuangan, manajemen sarana dan prasarana (infrastruktur dan aset) dan manajemen pemasaran. Pada modul ini aspek manajemen tidak dibahas, dan lebih difokuskan pada aspek teknologi akuakultur dikarenakan masalah teknik produksi paling sering dihadapi di lapangan.

Pada akuakultur, produksi merupakan fungsi dari Ikan, Lingkungan dan Pakan, yang dapat diformulasikan secara ringkas sebagai berikut :

$$\text{Produksi} = f(\text{Ikan, Lingkungan, Pakan})$$

Secara garis besar, formulasi di atas menunjukkan bahwa secara teknis tinggi-rendahnya produksi akuakultur ditentukan oleh 3 komponen tersebut. Masing-masing komponen produksi ini dapat diperinci lagi menjadi:

1. Ikan:
 - a. Jumlah atau kepadatan ikan per satuan luasan
 - b. Kualitasnya (genetiknya, meliputi cepat tumbuh, ketahanan terhadap serangan penyakit, dan kemampuan adaptasi terhadap stres lingkungan)
2. Lingkungan : terdiri dari 3 faktor, yaitu
 - a. Air, meliputi fisika - kimia - biologi air
 - 1) Fisika : suhu, cahaya, kekeruhan, konduktivitas, gelombang, arus

- 2) Kimia : gas terlarut (oksigen, karbondioksida, NH_3 , H_2S); ion-ion (nitrit, nitrat, posfat, sulfat, karbonat, klorida, hidroksida, natrium, kalium, kalsium, magnesium, besi, aluminium, hidrogen, seng, mangan, dan sebagainya); dan senyawa organik. Bahan penyusun air tersebut akan membentuk kualitas air berupa kesadahan, alkalinitas, salinitas, *electric conductivity* (daya hantar listrik), tekanan osmotik, *biochemical/biological oxygen demand* (BOD), *chemical oxygen demand* (COD) dan *permanganat value* (PV) atau sering dinamakan *total organik matter* (TOM).
- 3) Biologi: predator, kompetitor, pakan alami (phyto dan zooplankton, kutu air, dan sebagainya), mikroorganisme pengurai, dan patogen (bakteri, virus, jamur, parasit).
 - b. Tanah: fisika (tekstur, kemiringan, ketinggian); kimia (pH, nutrien), biologi (mikro-makro organisme)
 - c. Iklim: curah hujan, suhu udara, angin
3. Pakan: meliputi jumlah, kualitas, dan manajemen pemberian pakan, baik untuk pakan alami maupun pakan buatan.

Pada sebagian besar kasus teknis di lapangan, produksi sering mengalami kegagalan atau ikan mengalami kematian disebabkan oleh biologi air, dalam hal ini adalah agen penyakit, baik dari jenis bakteri, virus, jamur atau parasit. Sementara pengaruh kualitas air, khususnya fisika-kimia air, terhadap mortalitas ikan atau kegagalan produksi tergantung kepada tingkat keparahannya:

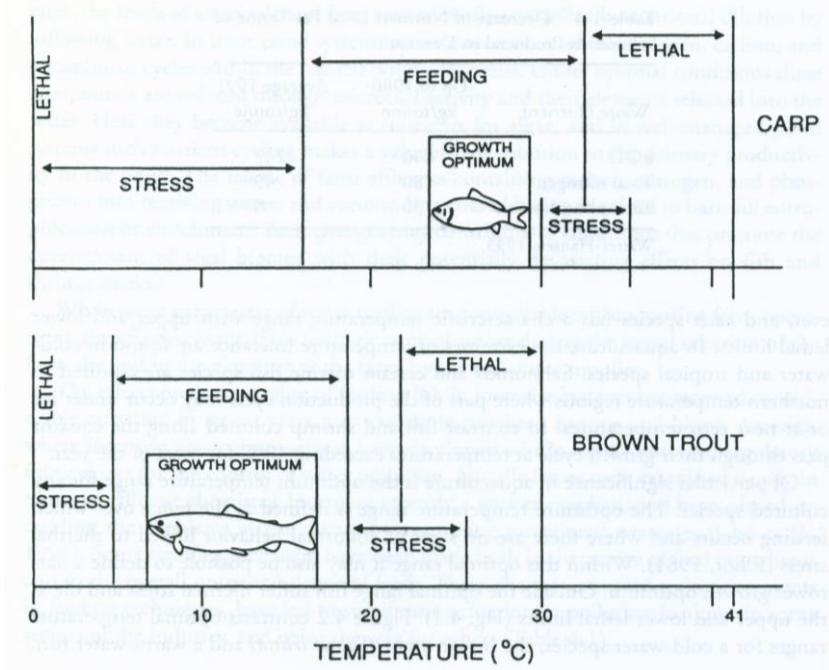
1. Jika tingkat pencemaran kualitas air mencapai kondisi lethal, maka kualitas air dapat menyebabkan kematian ikan secara langsung. Contoh yang paling menonjol dari dampak lingkungan yang buruk yang menyebabkan kematian langsung biota budidaya adalah kematian ikan massal di waduk Cirata, Jatiluhur, danau Maninjau, danau Toba, danau Tondano, dan lainnya. Penyebabnya adalah kadar oksigen air yang sangat rendah dikombinasikan dengan kadar H_2S yang cukup tinggi (dimana dampak H_2S adalah memblokir insang untuk mengambil oksigen dari air), sehingga ikan tidak mampu bernafas dan mengakibatkan kematian. Rendahnya kadar oksigen terlarut dalam air disebabkan tingkat dekomposisi bahan organik yang sangat tinggi yang membutuhkan oksigen yang sangat banyak. Bahan organik ini berasal dari sedimen waduk yang naik ke air permukaan akibat fenomena up welling atau umbalan atau arus bawah waduk saat hujan. Umbalan atau arus dasar waduk selain membawa banyak bahan organik

sedimen ke air permukaan, juga membawa gas toksik hasil dekomposisi anaerobik bahan organik sedimen, seperti H_2S , NH_3 , CH_4 (metana) atau CO_2 pada kadar yang toksik. Juga kematian ikan yang dibudidayakan di keramba jaring apung di laut akibat pencemaran industri atau oleh fenomena red tides, yaitu plankton yang menghasilkan toksin, atau fenomena die off atau kematian massal phytoplankton di tambak secara mendadak yang diikuti dengan kematian massal ikan budidaya di kolam tersebut akibat kondisi minim oksigen. Atau juga kematian ikan secara langsung setelah dilakukan pergantian air akuarium, bak atau kolam dengan air yang berasal dari sumur, yang disebabkan oleh keracunan karbondioksida (hipercapnia).

2. Jika tingkat pencemaran atau kondisi kualitas air pada tingkat akut (misal stres kimia air berupa kadar oksigen rendah, polutan, pH rendah, salinitas tinggi, atau stres fisika air dan penanganan ikan seperti *handling*, *sampling*, transportasi, suhu, dan sebagainya), maka ikan tidak langsung mati namun ikan akan mengalami stres yang berdampak kepada gangguan fisiologi di tingkat :
 - a. Sub-seluler (respon primer) : berupa gangguan terhadap sistem enzim, sistem hormonal / endocrine (kortisol atau kortikosteroid, adrenalin, chatekolamin) dan aktivitas neurotransmitter. Ketika rangsangan stres diterima oleh sistem saraf pusat, corticotrophin releasing factor dari hipotalamus mendorong kelenjar pituitary atau hipofisa untuk melepaskan adrenocorticotrophic hormone (ACTH). Selanjutnya ACTH disirkulasikan ke dalam sel-sel interrenal di anterior ginjal dan merangsangnya untuk mensekresi kortisol. Jaringan chromaffin pada anterior ginjal juga dirangsang oleh sistem saraf simpatik untuk melepaskan adrenalin dan hormon katekolamin lainnya.
 - b. Sel, jaringan atau organ (respon sekunder) : berupa gangguan terhadap darah (hematologi), kimia jaringan dan terhadap histopatologi. Perubahan terjadi pada penurunan waktu pembekuan darah (blood-clotting time), glukosa/gula darah (hiperglikemia), penurunan glikogen jaringan, asam laktat, gangguan osmoregulasi berupa kehilangan elektrolit darah dikarenakan diuresis (peningkatan produksi urin dan dikeluarkan dari dalam tubuh), produksi *heat shock protein* (HSP) naik, dan gangguan sistem imun (lysozime, total haemocyt, produksi antibodi, dan sebagainya).

- c. Individu ikan (respon tersier) : berupa perubahan tingkah laku (aktivitas renang, agresi, nafsu makan), laju pertumbuhan (growth rate/GR), resistensi terhadap penyakit infeksius, dan tingkat kelangsungan hidup (survival rate/SR).
- d. Populasi ikan (respon kuartar): berupa hilangnya spesies ikan, perubahan komposisi biota air pada suatu habitat.

Gambar 1.6 berikut menunjukkan contoh dari pengaruh lingkungan suhu air terhadap kondisi fisiologi ikan. Sementara Tabel 1.9 menunjukkan faktor-faktor lingkungan yang secara umum dikaitkan dengan kejadian penyakit baik infeksius maupun non-infeksius pada ikan.



Gambar 1.6
Pengaruh suhu air terhadap kondisi ikan mas dan *brown trout*.

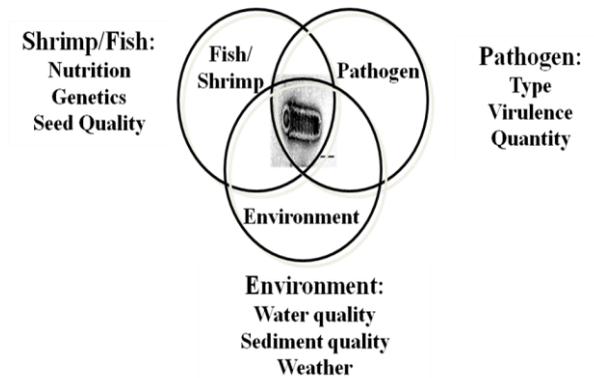
Tabel 1.9

Faktor-faktor lingkungan yang secara umum dikaitkan dengan kejadian penyakit baik infeksius maupun non-infeksius pada ikan

Fish Disease Problem	Predisposing Environmental Factors
Bacterial gill disease (<i>Flavobacterium</i> sp.)	Crowding; chronic low oxygen (4 mg/L for salmonids); elevated ammonia (more than 0.02 mg/L for salmonids); suspended particulate matter
Blue sac, hydrocele	Temperature; ammonia; crowding
Columnaris (<i>Flexibacter columnaris</i>)	Crowding or handling during warmwater periods if carriers are present
Environmental gill disease	Adverse rearing conditions; but contributory factors currently not well defined
Epithelial tumors; ulceration	Chronic; sublethal contaminant exposure
Fin erosion	Crowding; low DO, nutritional imbalances; chronic exposure to trace contaminants; high total suspended solids; secondary bacterial invasion
Furunculosis (<i>Aeromonas salmonicida</i>)	Low oxygen (<5 mg/L) for salmonids; crowding; temperature; handling when pathogen carriers are present
Hemorrhagic septicemias, red-sore disease (<i>Aeromonas</i> , <i>Pseudomonas</i>)	External parasite infestation; ponds not cleaned; crowding; elevated ammonia; low oxygen; stress due to elevated water temperatures; handling after overwintering at low temperatures
Kidney disease (<i>Renibacterium salmoninarum</i>)	Water hardness less than about 100 mg/L (s CaCO ₃) diet composition; crowding; temperature)
Nephrolithiasis	Water high in phosphates and carbon dioxide
Parasite infestations	Overcrowded fry and fingerlings; low oxygen; excessive size variation among

Fish Disease Problem	Predisposing Environmental Factors
	fish in ponds
Skeletal anomalies	Chronic, sublethal contaminant exposure; adverse environmental quality, PCB, heavy metals, Kepone, Toxaphene exposure, dietary vitamin C deficiency
Spring viremia of carp	Handling after overwintering at low temperatures
Strawberry disease (rainbow trout)	Uneaten feed; fecal matter with resultant increased saprophytic bacteria; allergic response
Sunburn	Inadequately shaded raceways; dietary vitamin imbalance may be contributory
Swim bladder stress syndrome <i>Vibriosis (Vibrio anguillarum)</i>	Oil films; salinity; other water quality Handling; DO <6 mg/L, especially at water temperatures of 10-15°C; salinity 10-15‰
White-spot, coagulated-yolk disease	Environmental stress: superoxygenation > 120-103%, temperature, metabolic wastes, chronic trace contaminant exposure

Kita perjelas lagi, bahwa Produksi ikan merupakan fungsi dari 3 komponen, yaitu Ikan, Lingkungan, dan Pakan. Selanjutnya kegagalan produksi secara teknis bisa disebabkan secara langsung oleh kualitas air yang buruk yang berada pada tingkat lethal (mematikan), atau karena terserang penyakit yang dipicu oleh kualitas air yang buruk yang berada pada tingkat akut, yang menyebabkan ikan menderita stres sehingga ikan mudah terserang penyakit dan mati. Hubungan ikan, lingkungan dan patogen dapat digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1.7

Hubungan Ikan, Lingkungan dan Patogen terhadap timbulnya penyakit ikan

Hubungan ikan, lingkungan dan patogen di atas, selanjutnya oleh Snieszko (1974) dirumuskan dalam bentuk persamaan semikuantitatif berikut :

$$\text{Penyakit Muncul} = \text{Inang (Ikan, Udang)} + \text{Patogen (Pt)} + \text{Stressor}^2$$

Dari persamaan kuantitatif tersebut terlihat bahwa faktor yang sangat berpengaruh atau dominan terhadap munculnya penyakit adalah stressor, dimana pada persamaan di atas dikuadratkan. Stressor pada akuakultur berasal dari 2 sumber :

1. kualitas lingkungan (kualitas air, kualitas tanah dan iklim);
2. teknis budidaya (pengelolaan pemberian pakan, handling, sampling, pengobatan, transportasi, pergantian air, dan sebagainya).

Kualitas lingkungan yang buruk berdampak kepada ikan dan patogen. Untuk ikan, kualitas lingkungan yang buruk berdampak kepada stres sehingga menurunkan sistem kekebalan ikan terhadap penyakit, menurunkan nafsu makan dan gangguan fisiologi lainnya seperti telah dijelaskan di atas. Disisi lain, ketika kondisi ikan memburuk, kualitas lingkungan yang buruk juga akan mengakibatkan patogen meningkat jumlahnya dan keganasannya (virulensinya) atau patogenitasnya. Kombinasi ikan stres dan meningkatnya jumlah dan keganasan patogen inilah yang menyebabkan kematian ikan.



LATIHAN

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

- 1) Jelaskan persamaan dan perbedaan kegiatan survey dan investigasi pada penentuan lokasi budidaya!
- 2) Sebutkan aspek atau dimensi apa saja yang dianalisis dalam kegiatan penentuan kelayakan lokasi budidaya!
- 3) Sebutkan macam tanah yang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan akuakultur!
- 4) Jelaskan tentang faktor yang berperan dalam munculnya serangan penyakit!

Petunjuk Jawaban Latihan

Untuk dapat menjawab soal-soal latihan tersebut di atas, Anda dapat mempelajari kembali Kegiatan Belajar 2 khususnya pada materi-materi terkait.



RANGKUMAN

Tahap awal pembangunan akuakultur adalah penentuan komoditas budidaya yang memiliki peluang pasar atau memenuhi kelayakan ekonomi. Tahap selanjutnya adalah kriteria kelayakan teknis, dengan mengikuti tahapan pencarian lokasi yang layak melalui kegiatan survey dan investigasi, membuat *detail design*nya, kemudian akuisisi/ pembelian lahan, dilanjutkan konstruksi, dan operasi budidaya dan diikuti dengan *maintenance*, yang dapat disingkat sebagai SIDLaCOM. Kriteria kelayakan lokasi dilihat dari aspek atau dimensi biofisik/lingkungan; dimensi sosial budaya; dimensi ekonomi dan infrastruktur; dimensi hukum dan kelembagaan; dimensi pendanaan dan dimensi teknologi. Untuk pembangunan akuakultur berbasis daratan, sumberdaya tanah yang dapat dimanfaatkan adalah tanah mineral dan tanah organik atau tanah gambut.

Pada tahap proses budidaya, secara teknis produksi merupakan fungsi dari ikan, pakan dan lingkungan. Salah satu ancaman kegagalan produksi adalah serangan penyakit, yang merupakan hasil interaksi antara ikan, patogen dan lingkungan, yang dapat diformulasikan dengan persamaan semi-kuantitatif : penyakit = inang + patogen + stressor².



TES FORMATIF 2

- 1) Jelaskan cara pemilihan lokasi untuk akuakultur berbasis daratan!
- 2) Jelaskan arti produksi dalam akuakultur yang merupakan fungsi dari ikan, lingkungan dan pakan!

Cocokkanlah jawaban Anda dengan Kunci Jawaban Tes Formatif yang terdapat di bagian akhir modul ini. Apabila mencapai tingkat penguasaan 75% atau lebih, Anda dapat meneruskan dengan modul selanjutnya. **Bagus!** Jika masih di bawah 75%, Anda harus mengulangi materi Kegiatan Belajar, terutama bagian yang belum dikuasai.

Kunci Jawaban Tes Formatif

Tes Formatif 1

Tes Formatif 2

Glosarium

<i>induce spawning</i>	:	Sistem pembenihan dengan cara semi intensif, artinya terdapat beberapa teknologi yang telah diterapkan
<i>induce breeding</i>	:	sistem pembenihan dengan menggunakan kepadatan tinggi dan teknologi yang modern secara campur tangan secara penuh
<i>Streeping</i>		pengambilan sperma dengan cara diurut
<i>Aklimatisasi</i>	:	proses adaptasi
<i>Blooming</i>		pertumbuhan secara massal dan tak terkendali
<i>Kanulasi</i>	:	pengecekan kematangan gonad dengan diraba
<i>Fibre glass</i>	;	bak fiber sebagai wadah pemijahan
<i>Egg collector</i>	:	wadah telur
<i>Ethynelglycol monophenylether</i>	:	obat bius untuk membius ikan
<i>Non adhesive</i>	:	tidak melekat
<i>Adhesive</i>	:	melekat
<i>Clustering</i>	:	sistem pengelompokan ikan
<i>Artificial progration</i>	:	Sistem pemijahan ikan secara buatan, biasanya menggunakan hormone (ovaprim)
<i>Breeding traps</i>	:	Sistem dan teknologi pembenihan dengan cara perangkap
<i>external fertilization</i>	:	pembuahan di luar
<i>ovipar</i>	:	sistem berkembang biak dengan mengeluarkan telur
<i>ovovivipar</i>	:	sistem berkembang biak ikan dengan cara melahirkan
<i>parental care</i>	:	sistem asuh anak oleh induk ikan
<i>oogenesis</i>	:	proses perkembangan oosit melalui proses berkesinambungan
<i>epithelial cell</i>	:	Sel epitel tempat terjadinya meiosis
<i>oosit pravitelogenik</i>	:	fase perkembangan oosit
<i>Petrichor</i>	:	respon rangsangan akibat adanya perubahan suhu dan panjang hari

<i>Cortical alveoli</i>	:	perubahan vesikula
<i>Yolk vesicle formation</i>	:	formasi perubahan kuning telur

Daftar Pustaka

- Artina, I Kade, Wignyo Sutomo, Suherlan dan I Komang Widiana. 2004. *Laporan Tahunan Balai Budidaya Laut Lombok: Produksi Benih Bermutu Ikan Kerapu Macan (Epinephelus fuscogutattus)*. BBL lombok. Lombok. Hal 81-93.
- Beardmore, J. A., G. C. Mair, and R. I. Lewis. *Monosex male production in finfish as exemplified by tilapia: applications, problems, and prospects*. *Aquaculture*, 197: 283-301.
- Beveridge M. C. M. 1996. *Cage Aquaculture, Second Edition*. Fishing News Books Ltd., Oxford, London, Edinburgh, Cambridge, Victoria. 346 p.
- Boyd, C. E. 1982. *Water Quality Management for Pond Fish Culture*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, the Netherlands. 318 p.
- Boyd, C.E. 1979. *Water quality in warmwater fish pond*. Craftmaster Printers Inc. Alabama.
- Bromage, N. 1995. *Broodstock management and seed quality – general considerations*. P: 1-24. In Bromage, N. R. J. Roberts (eds.). *Broodstock management and seed and larval quality*. Blackwell Science, Ltd.
- Chanratchakool, P. J., F. Turnbull and C. Limsuwan. 1994. *Health management in shrimps pond*. AAHRI. Bangkok.
- Chevassus, B., M. Dorson. 1990. *Genetics of Resistance to Disease in Fishes*. *Aquaculture* 85: 83-107.
- Chythanya, R., D.K. Nayak dan M.N. Venugopal. 1999. *Antibiotic resistance in aquaculture*. INFOFISH International. 6 : 30-32.
- Colt, J.E. 1998. *The role of Engginering Discipline in Aquaculture*.
- Costa-Pierce, B.A., G. Wiraatmadja, P. Effendi and S. Zainal. 1988. *Integrated aquaculture systems in the Saguling reservoir*, p. 224-233. In: S.S. De Silva (Ed.) *Reservoir Fishery Management and Development in Asia*. International Development Research Centre, Ottawa, Canada.

- D'Abramo LR and RT. Lovell. (1991). *Aquaculture Research Needs for the Year 2000: Fish and Crustacean Nutrition*. World Aquaculture., 22, 57-82.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Propinsi Jawa Timur. 1999. *Pedoman SNI Budidaya Perikanan*: Surabaya.
- Gjedrem, T (Ed.). 1988. *Genetics in Aquaculture*. Proceedings of the Third International Symposium on Genetics in Aquaculture, Arranged by the Institute of Aquaculture Research (AKVAFORSK) and the International Association for Genetics in Aquaculture. Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo. 340 p.
- Goddard, S. (1996). *Feed Management in Intensive Aquaculture*. 194 p. New York: Chapman and Hall.
- Harvey, B., J. Carolsfeld. 1993. *Induced breeding in tropical fish culture*. International Development Research Centre. Ottawa, Canada. 146p.
- Hepher, B. & Y. Pruginin. 1981. *Commercial Fish Farming with Special Reference to Fish Culture in Israel*. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto. 261p.
- Horan, N.J. 1990. *Biological wastewater treatment systems*. New York: John Wiley & Sons.
- Huisman, E. A. 1987. *Principles of Fish Production*. Department of Fish Culture and Fisheries, Wageningen Agricultural University, Wageningen The Netherlands. 170 p.
- Journal of the World Aquaculture Society published quarterly by the World Aquaculture Society, Louisiana State University, Baton Rouge. Los Angeles.
- Laws, E. A. 1993. *Aquatic pollution..* New York: John Wiley & Sons.
- Lawson, T.B. (1995). *Fundamentals of Aquaculture Engineering*. 355 p. New York: Chapman and Hall.
- Lentera, Tim. 2002. *Pembesaran Ikan Mas di Kolam Air Deras*. Depok: PT Agromedia Pustaka.
- Manual on The Production and Use of Live Food for Aquaculture. 1996. FAO.

- Mustamin, .Noto W., Sudaryanto. 1998. *Pembenihan Kerapu Macan (Epinephelus fuscoguttatus)*. Lampung: Departemen Pertanian, Balai Budidaya Laut Lampung.
- Nagel, R & R. Loskill. 1991. *Bioaccumulation in aquatic systems*. New York: VCH Publishers Inc.
- Parker, R. 2002. *Aquaculture Science*. 621 hal. Delmar, Thomson Learning Inc, New York.
- Pillay, T.V.R. 1990. *Aquaculture, Principles and Practice*. 575 hal. London: Fishing News Book.
- Piper, R.G; I.B. McElwain; L.E. Orme; J.P. McCraren; L.G. Fowler & J.R. Leonard. 1982. *Fish hatchery management*. Washington: Fish & Wildlife Service, USDI.
- Reinchenbach-Klinke's. 1973. *Fish Pathology*.. N.Y: TFH Publication. Neptune.
- Roberts, R.J. 1989. *Fish Pathology*. London: Bailliere-Tyndall.
- Thorgaard, G. H. 1994. *Biotechnological approaches to broodstock management*. P: 76-93. In Bromage, N. and R. J. Roberts (eds.), Broodstock management and seed and larval quality. Blackwell Science, Ltd.
- Timmons & Cosordo, M.T. 1994. *Aquaculture water reuse systems: Engineering Design and Management*.
- Wedemeyer, G.A. 1996. *Physiology of fish in intensive culture systems*. New York: Chapman & Hall.
- Woynarovich, E. & L. Horvath. 1980. *The Articial Propagation of Warm-water Finfishes – A Manual for Extension*. Food and Agricultural Organization of the
- Yoo, K.H & C.E. Boyd. 1994. *Hydrology and water supply for pond aquaculture*. New York: Chapman & Hall.