

Indonesia Menuju Akuakultur Berkelanjutan Indonesia Towards Sustainable Aquaculture

Rajuddin Syamsuddin✉; Isyanita

Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan,, Universitas Hasamuddin

✉Corresponding author: rajuddin.syamsuddin09@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara maritim yang berperan penting dalam penyediaan sumber protein ikan harus mampu memanfaatkan sumberdaya kelautan dan perikanan secara bijak, yakni berkelanjutan untuk kebutuhan saat ini dengan memperimbangkan kebutuhan generasi yang akan datang. Masih banyak praktik budidaya perikanan yang tidak berkelanjutan, tidak ramah lingkungan dan merusak lingkungan hidup saat ini dan menggunakan sumberdaya yang tidak terbarukan secara tidak terkontrol. Oleh sebab itu penerapan teknologi akuakultur berkelanjutan, ramah lingkungan, dan akuakultur organik perlu dikembangkan. Kerjasama institusi pemerintah,, swasta dan pemangku kepentingan lainnya harus mendorong tumbuh kembangnya teknologi akuakultur berkelanjutan tersebut.

Pendahuluan

Berbagai aktivitas ekonomi di negara kita menunjukkan pertumbuhan yang pesat, namun sebagian besar dari kegiatan tersebut terindikasi dapat menimbulkan kerugian ekonomi yang lebih besar, bahkan menimbulkan bencana lingkungan yang menjadi ancaman nyata dan riil bagi keberlangsungan bangsa sendiri. Agar generasi mendatang juga dapat menikmati manfaat dari pertumbuhan ekonomi ini, pendekatan yang berkelanjutan dari segi lingkungan harus diadopsi oleh semua kalangan. *Sustainable economy* harus menjadi agenda yang harus diprioritaskan.

Green Economy (Ekonomi Hijau) adalah landasan yang penting, yakni ekonomi yang menghasilkan kualitas kehidupan yang lebih baik untuk seluruh anggota masyarakat dalam kondisi keterbatasan ekologis (lingkungan atau alam), berupa sumberdaya alam. *Green Economy* adalah kegiatan ekonomi yang ramah lingkungan, tidak menyebabkan kerusakan lingkungan, yang bertujuan memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan memenuhi kebutuhan generasi mendatang. Pembangunan berkelanjutan adalah juga pembangunan ekonomi dengan cara yang tidak menguras sumber daya alam, mengurangi biaya dan mengurangi limbah; *berkesinambungan secara ekologis (lingkungan), secara ekonomis, dan secara sosial.*

Joko Widodo (Presiden RI, 2021) mengatakan “Sustainable blue economy harus menjadi agenda yang harus diprioritaskan di seluruh wilayah pantai yang kita miliki,” paparnya. Indonesia saat ini melaksanakan program Blue Economy (Ekonomi Biru) yaitu ekonomi yang fokus (memusatkan perhatian) pada sustainabilitas (keberlanjutan) pembangunan ekonomi di sektor perikanan dan keautan.

Indonesia merupakan negara yang dikaruniai kekayaan keanekaragaman hayati laut, hendaknya memanfaatkan potensi tersebut secara bijak, dengan tetap menjaga kelestarian alam laut kita, namun bisa melakukan keberlanjutan produksi dan mensejahterakan rakyat Indonesia. Sustainable blue economy harus menjadi prioritas dalam pemanfaatan sumberdaya laut dan perikanan tersebut.

Apakah Akuakultur Indonesia Sustainable?

Sebanyak 42% dari makanan laut yang dikonsumsi oleh manusia adalah hasil budidaya dan produksi ikan dari subsektor budidaya dunia meningkat 100% setiap 7 tahun. Indonesia menempati urutan ketiga dalam hal produksi akuakultur dunia. Akuakultur di negara kita sampai saat ini, beberapa diantaranya memiliki reputasi yang buruk, sebagai kegiatan produksi yang tidak berkelanjutan.

Akuakultur yang berkelanjutan bisa menjadi kunci menjadi kunci ketahanan pangan untuk memberi makan populasi manusia yang terus bertambah. Jika dilakukan dengan teknologi yang tepat dan ramah lingkungan, produksi akuakultur lebih berkelanjutan dan dapat mensubstitusi kekurangan yang ada pada produksi peternakan dan pertanian.

Sehubungan dengan hal tersebut, maka kita harus mengedepankan produksi untuk kualitas kehidupan masyarakat yang lebih baik dengan menjamin ketahanan dan kedaluatan pangan yang aman dan bersih.

Sebagian besar metode budidaya ikan yang diterapkan sampai saat ini mengancam kelestarian ekosistem. Praktik produksi yang tidak berkesinambungan tersebut memperburuk dampak sosial, ekologi, dan lingkungan, diantaranya sebagai berikut :

1. Penangkapan ikan dari laut dalam jumlah yang sangat banyak dilakukan untuk memberi makan ikan budidaya, menunjukkan bahwa budidaya ikan merupakan praktik budidaya yang tidak berkelanjutan. Yang sangat berbahaya adalah budidaya perikanan terkadang membutuhkan jumlah ikan liar yang sangat banyak dan masih dalam fase ikan muda yang masih dibutuhkan untuk memijah di alam untuk pertumbuhan stok di masa depan sebelum mati. Sepertiga dari hasil tangkapan tersebut digunakan untuk membuat tepung ikan dan minyak ikan. Walaupun tepung ikan dapat dihasilkan dari ikan-ikan rucah (hasil samping tangkapan dan yang ikan tidak terjual), dan berupa kepala dan jeroan ikan, tetapi jumlahnya sangat sedikit, diperkirakan tidak melebihi 30% dari seluruh kebutuhan tepung ikan. Sebanyak 30 hingga 50 persen pakan ikan yang secara tradisional digunakan untuk memberi makan pada ikan dan udang budidaya terdiri dari tepung ikan (ikan giling) dan minyak ikan. Dengan tangkapan yang berlebihan, maka beberapa species diantaranya populasinya telah menurun, yang berimplikasi pada keseluruhan jaring makanan pada ekosistem laut karena ikan yang lebih besar bergantung pada ikan-ikan yang rata-rata berukuran lebih kecil tersebut sebagai makanannya.
2. Tepung ikan dan minyak ikan yang digunakan sebagai bahan baku pakan semakin terancam dengan kontaminasi polutan berupa mikroplastik, logam berat, minyak, dan PCB yang dapat terakumulasi ke dalam daging ikan budidaya.
3. Akuakultur masih menghadapi persoalan tingginya harga pakan ikan akibat bahan baku impor berupa tepung ikan, minyak ikan, dan beberapa bahan lainnya setiap saat dapat mengancam keberlanjutan akuakultur
4. Akuakultur juga menyebabkan pelepasan limbah organik yang melepaskan nutrisi ke laut, yang dapat menyebabkan berkembangnya alga yang berbahaya yang dikenal dengan proses *eutrofikasi* (penyuburan berlebih oleh unsur-unsur hara yang masuk ke dalam badan air) yang menyebabkan melimpahnya (populasi) alga terutama alga mikro yang tidak diinginkan karena mengandung zat beracun.

5. Cara panen total dengan menguras seluruh air dari dalam wadah budidaya dan dibuang ke lingkungan merupakan penyebab pencemaran perairan dari kegiatan akuakultur
6. Ada korelasi langsung antara keragaman bakteri penyebab penyakit dan kandungan nutrisi yang berasal dari kegiatan budidaya. Bakteri *Vibrio* adalah patogen ikan utama yang paling sering menyerang ikan dan udang yang dibudidayakan.
7. Selain input berlebih berupa pakan buatan yang digunakan, antibiotik, dan pestisida dapat mengakibatkan kerusakan habitat, mempengaruhi kehidupan laut lainnya dan juga kesehatan manusia (mengonsumsi ikan yang mengandung antibiotika dan terkontaminasi racun berupa pestisida). Nutrisi dan bahan kimia ini juga tenggelam ke dasar laut, yang dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati di perairan tersebut
8. Kasus pembukaan tambak di kawasan mangrove dapat menyebabkan polusi dan kerusakan ekosistem di sekitarnya karena menghasilkan limbah organik, zat-zat hara, antibiotik dan Pestisida. Reputasi akuakultur menjadi buruk terutama sebagai akibat dari konversi lahan di wilayah pantai berupa kawasan mangrove menjadi tambak yang pada akhirnya banyak menimbulkan masalah. Yang hilang akibat dari kerusakan mangrove karena pembukaan tambak dan penemuan adalah :
 - a. kontribusinya sebagai sumber pakan penting (*detritus* atau *serasah*) bagi kelompok udang, kepiting dan kekerangan dalam rantai pakan (*food chain*)
 - b. sebagai daerah asuhan (*nursery ground*), daerah (tempat) mencari pakan (*feeding ground*) dan daerah pemijahan (*spawning ground*) bagi berbagai jenis ikan, udang, kepiting, dan biota lainnya, sehingga fungsinya sebagai sumber benih ikan, udang, kepiting dan biota lainnya hilang
 - c. sebagai produsen bahan organik yang dapat menyuburkan tambak hilang
 - d. sebagai peredam gelombang laut dan arus sungai sehingga mencegah sedimentasi
 - e. sebagai *biofiltrasi* (*saringan biologis*), sebagai perangkap sedimen (*sediment trap*) dan perangkap polusi yang mengurai dan menghilangkan sifat racun dari bahan-bahan pencemar dari laut ke darat dan sebaliknya dari darat ke laut. Oleh sebab itu kerusakan hutan mangrove dapat menyebabkan kerusakan ekosistem sekitarnya (terumbu karang, padang lamun, estuaria)
 - f. sebagai tempat menempel biota penempel (bentik) seperti kerang, tiram, siput, cacing, dan alga mikro
 - g. Jika dihubungkan dengan produksi udang, maka beberapa ahli mengemukakan bahwa produksi udang suatu wilayah berkorelasi langsung dengan kondisi hutan mangrove di wilayah tersebut. Ada indikasi bahwa beberapa wilayah pantai di Indonesia yang berhasil dihindarkan, produktivitas tambak di wilayah tersebut meningkat, baik bandeng, maupun udang. Untuk mengembalikan kejayaan udang windu, maka rehabilitasi hutan mangrove adalah hal yang mutlak dilakukan.
9. Akuakultur dengan sistem kurungan terbuka tidak ramah lingkungan. Pada sistem keramba jaring apung (KJA) misalnya, masalah limbah kotoran ikan polusi nutrisi sulit diatasi, menyebabkan penurunan konsentrasi oksigen terlarut di air, interaksi ikan budidaya dengan predator mudah terjadi, terjadi introduksi spesies non-asli dan eksotik, serangan dan penyebaran penyakit mudah terjadi. Ikan yang berkumpul bersama di jaring atau kurungan dapat menyebar ke spesies yang ada di perairan di luar jaring

10. Akauakultur banyak mengonsumsi dan sudah nyaris menghabiskan sumberdaya alam dan bahan atau material yang tidak ramah lingkungan (tidak berkelanjutan dan tidak dapat didaur ulang) berupa bahan bakar minyak
11. Budidaya rumput laut membuang banyak limbah berupa botol plastik ke perairan yang melepaskan mikroplastik yang selanjutnya masuk ke dalam rantai makanan, ke dalam daging ikan, dan menghilangkan estetika wilayah pantai
12. Pengoperasian panti pembibitan (hatchery) dengan konstruksi bangunan yang boros energi berupa penggunaan energi listrik yang boros melalui alat penerang ruangan dan pendingin (AC) juga merupakan praktik akuakultur yang tidak berkelanjutan
13. Kegiatan akuakultur yang belum mampu menerapkan sumber-sumber energi terbarukan yang sebenarnya banyak diantaranya tidak jauh dari lokasi kegiatannya antara lain PLTA, PLTB, Energi surya, dan energi pasang surut

Green Aquaculture Tehnology

- a) *Green Tehnology* bertujuan mengubah pola produksi dan mengembangkan alternatif teknologi yang tidak bersifat destruktif terhadap lingkungan, menggunakan sumber daya rendah karbon, mengurangi limbah dan polusi, menggunakan air secara lebih efisien
- b) Penggunaan energi yang efisien. Mengurangi penggunaan energi tidak terbarukan dan substitusi dengan energi terbrukan, antara lain ENERGI ANGIN, LISTRIK HIDRO, TENAGA SURYA. Unit budidaya alga di tempat penetasan dapat lebih berkelanjutan dengan menggunakan tenaga surya
- c) Mencegah pembuangan limbah dan polusi. Menggunakan biota seperti kerang, perifiton, tanaman air, rumput laut sebagai bagian dari sistem filter (saringan) air
- d) Menggunakan kitosan. Kitosan yang terkandung di dalam cangkang udang dan kepiting merupakan bahan bio-flokulan dalam proses remediasi limbah, fitoremediasi (perbaikan kualitas air menggunakan tumbuhan) dan fikoremediasi (perbaikan kualitas air menggunakan alga seperti *Chlorella* sp. merupakan teknologi bio-panen berkelanjutan (*teknologi hijau = green technology*) yang efektif dalam pengolahan air limbah budidaya.
- e) *Teknologi Perifiton*. Perifiton (*periphyton*) adalah kumpulan biota berupa alga, mikroba heterotropis, dan detritus yang menempel pada permukaan dari bagian terendam tumbuhan air atau substrat buatan yang di tempatkan di dalam wadah budidaya. Perifiton merupakan komunitas alga mikro dan mikro fauna yang menempel pada substrat yang terdapat atau disediakan di dalam bak budidaya secara alami atau buatan di dalam bak atau kolam peliharaan. Selain sebagai pakan alami bagi ikan, perifiton juga berperan menyerap, menghalangi penyebaran dan mengeluarkan zat-zat kontaminan dari kolom air. Juga dapat dijadikan sebagai indikator kualitas air karena ciri dan karakteristiknya yakni secara alami terdiri dari berbagai species dapat menunjukkan respon cepat terhadap perubahan lingkungan, dan memiliki toleransi/sensitivitas untuk berubah.

- f) Perbaiki konstruksi wadah budidaya (kolam, tambak, fasilitas budidaya indoor (dalam ruangan) yang baik untuk mempermudah pengelolaan kualitas dan kuantitas air seperti jaringan irigasi kolam/tambak yang baik berdasarkan elevasi lahan
- g) Tidak melakukan panen total dengan cara menguras semua air dalam wadah dengan metode panen yang lebih ramah lingkungan antara lain dengan melakukan panen menggunakan jaring atau alat tangkap yang praktis digunakan untuk panen, dan memindahkan air ke dalam bak pengolahan dan membersihkan air dari bahan-bahan pencemar yang terkandung sebelum dibuang ke lingkungan
- h) Tidak menggunakan material (bahan) yang sulit terurai (plastik dan styrofoam: terbuat dari bahan bakar fosil), bisa didaur ulang tetapi hanya dibuang dan mencemari lingkungan;
- i) Menggunakan sumber daya yang dapat diperbarui atau didaur ulang dengan cepat untuk memenuhi pasokan dan permintaan secara berkesinambungan (bambu, kayu), gabus dari pohon yang berusia minimal 25 tahun untuk dapat dipanen setiap 9 tahun.
- j) Mengembangkan penggunaan pakan dengan sumber protein dari bahan tumbuhan (nabati) untuk mengurangi biaya pakan yang tinggi dan mengurangi eksploitasi ikan di laut peruntukan bahan baku tepung ikan dan minyak ikan. Ini bisa menjadi kunci ketahanan pangan, selain menjadikan akuakultur menjadi lebih aman, lebih bersih, dan lebih berkelanjutan. Contoh : Sawi putih dan Azolla digunakan sebagai bahan baku pakan masing-masing oleh salah satu kelompok budidaya ikan di Nunukan, Kalimantan Utara dan di Sorong, Papua.
- k) Mempertahankan tingkat kepadatan ikan dan frekuensi pemberian dan jumlah pakan tingkat sedang
- l) Formula pakan ikan untuk mencapai rasio konversi pakan terendah (jumlah pakan yang diberikan dalam kaitannya dengan jumlah bobot yang ikan yang diperoleh)
- m) Untuk menghasilkan ikan dengan kandungan asam lemak omega-3, dapat dilakukan melalui substitusi minyak ikan dengan menggunakan alga mikro yang hidup di air tawar atau air asin atau di sedimen (dasar perairan). Alga mikro mengandung omega-3. Ikan herbivora dan ikan pakan seperti sarden, teri, dan beberapa jenis ikan-ikan pelagis kecil memperoleh omega-3 dengan memakan mikroalga.
- n) Mengembangkan budidaya ikan herbivora (pemakan tumbuhan) seperti ikan mas, bandeng, dan nila) dan ikan-ikan omnivora yang membutuhkan lebih sedikit tepung ikan sebagai sumber protein. Ikan nila dapat menghasilkan satu 0,5 kg protein dengan konsumsi kurang dari 0,5 kg pakan, bandingkan dengan beberapa species ikan lain yang membutuhkan 1,5 kg pakan untuk menghasilkan satu 0,5 kg.
- o) Mengurangi penggunaan tepung ikan dan minyak ikan
- p) Beberapa ilmuwan juga menggunakan ekstrak lemak dari berbagai jenis serangga. Sebuah makalah FAO 2014 menyimpulkan bahwa tepung serangga dapat menggantikan antara 25 dan 100 persen tepung kedelai atau tepung ikan pakan ikan tanpa efek samping.
- q) Substitusi tepung dan minyak ikan menggunakan kacang-kacangan dan biji-bijian seperti jagung kering sebagai sumber asam amino. Salah satu bahan di Indonesia yang mengandung omega-3 adalah biji kenari. Kadar PCB dan merkuri pada ikan yang diberi pakan seperti ini 100 kali lebih rendah dari ikan yang pakannya mengandung tepung dan minyak ikan

- r) Sebuah kajian yang dilakukan oleh kelompok peneliti Universitas Stanford, USA menemukan bahwa menggunakan limbah dari pabrik pengolahan makanan sari laut (*seafood*), kemudian menambahkan alga atau ragi etanol kedalam bahan tersebut berhasil meningkatkan kandungan protein pakan yang dihasilkan lebih tinggi bila dibandingkan jika hanya limbah itu sendiri (yang lebih rendah kandungan proteinnya). Dengan teknologi ini penggunaan tepung ikan dapat dikurangi setengah hingga dua pertiga dari tepung ikan.
- s) Mengolah limbah menjadi produk yang bernilai ekonomi antara lain menjadi pupuk cair atau padat
- t) Mengembangkan *Green Buliding* : konstruksi dan disain bangunan (terutama bagi hatchery) yang hemat energi, dan menggunakan bahan yang dapat diperbaharui
- u) Menggunakan *Green Chemistry (Kimia hijau)*
- 1) *fitoterapi* (terapi menggunakan tumbuhan). Tanaman obat mengandung fenolat, polisakarida, proteoglikan dan flavonoid mengendalikan infeksi bakteri. *Solanum trilobatum*, *Andrographolide paniculata* dan *Psoralea corylifolia*, alga dan hewan karang mengurangi vibriosis pada *Penaeus monodon*. Molekul bioaktif dari Azadiractin, peperine, allicine efektif melawan infeksi argulus dan ich, *Azadirachta indica*, *Allium sativum*, *urcuma longa* (Kumar et al., 2012).
 - 2) Penggunaan pupuk hayati (*biofertilizer*) berupa inokulan mikroba bakteri, alga, jamur secara tunggal atau kombinasi. Inokulan *Rhizobium* di India dimulai pada tahun 1934, tetapi produksi komersial dilakukan pada tahun 1964. *Azolla* (pakis air) yang bersimbiosis algabiru *Anabaena azollae* pengikat nitrogen, bakteri penghasil fosfatase dan bakteri pelarut fosfat (Kumar et al., 2012) mampu memenuhi seluruh kebutuhan nitrogen, *Azolla* juga mengekstrak nitrogen dari lingkungan perairan.
 - 3) Penggunaan Biopestisida, obat-obatan organik biologis (dari tumbuhan, alga, hewan karang dan hewan).
 - 4) Rotasi species budidaya sebagai cara mekanis pencegahan perkembangan penyakit melalui memutus rantai perkembangan bibit penyakit
- v) Mengembangkan Akuakultur Organik. Masyarakat di beberapa negara pasar ekspor komoditi akuakultur Indonesia sudah menuntut konsumsinya berupa produk budidaya organik. Dan beberapa negara pembudidaya pun mengembangkan *akuakultur organik*. Oleh sebab itu Indonesia pun harus mulai mengembangkannya, dengan memenuhi persyaratan yang harus dipenuhi untuk suatu akuakultur organik:
- 1) Lebih sedikit kerusakan pada lingkungan yang ditimbulkan
 - 2) Penggunaan air bebas polutan
 - 3) Tidak ada organisme hasil rekayasa genetika
 - 4) Tingkat kepadatan budidaya rendah
 - 5) Mempertahankan perilaku spesies yang khas
 - 6) Kesehatan biota budidaya dicapai melalui tindakan pencegahan (bukan pengobatan)
 - 7) Penggunaan oksigen untuk meningkatkan kesehatan biota budidaya (bukan bertujuan untuk meningkatkan tingkat kepadatan)
 - 8) Memberi pakan dari sumber bahan baku yang berkelanjutan

9) Jaminan kesehatan bagi konsumen

Apa Saja yang Dapat Dilakukan untuk Ekspansi Akuakultur?*Tetap di Wilayah Pantai dengan Silvofishery*

Sumberdaya alam berupa hutan mangrove yang merupakan ekosistem dengan produktivitas tinggi boleh dimanfaatkan dalam produksi pangan dalam bentuk tambak, tetapi dengan metode yang tidak menimbulkan degradasi yang memusnahkan fungsinya sebagai penyedia jasa lingkungan. Metode atau model yang dapat diterapkan untuk memfungsikan ekosistem mangrove sebagai kawasan pertambakan adalah metode *Silvofishery (wanamina)*.

Tambak dengan rancangan ini memadukan vegetasi mangrove dengan petakan untuk budidaya ikan dan atau udang. Luas lahan (tambak) pemeliharaan 80%, sedangkan sisanya yakni 20% luas lahan untuk vegetasi mangrove. Dengan adanya vegetasi mangrove pada model wanamina ini, selain udang dan bandeng, hewan lain yang dapat dibudidayakan yang juga merupakan komoditi ekspor yaitu kepiting bakau dan kerang-kerangan yang habitat alaminya adalah hutan mangrove.

Ada beberapa model wanamina yang dikembangkan saat ini, yakni model :

1. *tambak parit*, dimana vegetasi mangrove berada di bagian tengah petakan tambak yang dikelilingi oleh kolam menyerupai parit sebagai tempat pembesaran hewan budidaya
2. *komplangan*, yaitu vegetasi mangrove menempati satu sisi (kurang lebih 50%) petakan tambak dan 50% sisi yang lain sebagai tempat pembesaran hewan budidaya
3. *jalur* dimana model ini menyerupai tambak parit, dimana vegetasi mangrove berada di bagian tengah petak tambak tetapi vegetasi mangrove terdiri dari beberapa jalur yang setiap jalur dikelilingi oleh kolam parit.
4. Pada tambak parit, elevasi dasar kolam tempat pembesaran hewan budidaya lebih rendah daripada elevasi dasar tempat tumbuh vegetasi mangrove. Vegetasi mangrove berfungsi sebagai filter

Bergerak ke Darat

Berbagai teknologi budidaya ikan yang ramah lingkungan dapat dilakukan di darat.

Akuakultur Sistem Resirkulasi

Sistem tertutup dianjurkan sebagai teknologi budidaya perikanan yang berkelanjutan, diantaranya budidaya dengan Sistem Resirkulasi (daur ulang) Air (*Recirculating Aquaculture System = RAS*). Sistem ini dapat digunakan untuk berbagai spesies kultivar (biota budidaya) seperti ikan, kerang, dan tanaman air. Selama air diolah sebelum dibuang dan tidak ada ikan yang lolos, ini adalah pilihan teknologi yang berkelanjutan.

RAS adalah teknologi yang menciptakan kondisi yang optimal bagi biota budidaya menggunakan bak-bak di dalam ruangan, dengan kelengkapan berupa mesin pompa air, aerator, dan filter (saringan). Budidaya ikan dengan mendaur ulang air (sistem resirkulasi) ini terdiri dari bak atau kolam budidaya, sistem saringan yang berfungsi menyaring kotoran ikan yang jatuh ke permukaan saringan., dan pompa air yang berfungsi mengalirkan kembali air yang sudah tersaring oleh sistem saringan ke dalam bak pemeliharaan ikan

Peluang pengembangan RAS berbasis darat sangat memungkinkan. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai strategi mitigasi dampak lingkungan akuakultur, tetapi juga memungkinkan akuakultur berlangsung di mana saja, termasuk di wilayah perkotaan dan di kawasan dengan keterbatasan sumber air.

Bertransformasi dari akuakultur ke sistem resirkulasi berbasis lahan adalah salah satu cara terbaik untuk mengurangi atau menghilangkan dampak lingkungan dari budidaya ikan.

Penerapan RAS pada kegiatan budidaya mampu menggenjot produktivitas, serta efisien dalam penggunaan air dan lahan. Penerapan RAS juga mudah dalam pengelolaan kualitas air dan dapat dilakukan sepanjang tahun dengan pergantian air yang minim.

Sistem resirkulasi tertutup berbasis lahan mampu meminimalisir jumlah limbah dan nutrisi yang dibuang ke lingkungan, mencegah ikan untuk lolos keluar lingkungan budidaya dan membatasi penyebaran penyakit. Limbah buangan disaring, dan lumpurnya dapat digunakan untuk menghasilkan biogas atau diolah menjadi pupuk. Air dengan kandungan amoniak yang banyak dihasilkan dari proses pembusukan sisa-sisa pakan dan feses diolah menjadi pupuk dan dioksidasi menjadi nitrat yang bersifat racun bagi ikan akhirnya tidak lagi tinggal di air dan dapat dimanfaatkan sebagai pupuk. Dengan demikian ada keuntungan berlipat secara ekonomi karena limbah bisa jadi nilai ekonomi untuk menghasilkan produk lain dalam bentuk pupuk. Akan tetapi perlu pilihan yang tepat dalam pemilihan pompa air untuk menghemat penggunaan energi.

Penerapan teknologi budidaya ikan sistem resirkulasi yang mendaur ulang air media pemeliharaan memiliki keuntungan berupa penggunaan 100 kali lebih sedikit air per kg ikan yang dihasilkan bila dibandingkan dengan sistem konvensional, dan kualitas air dapat lebih terantau terus menerus, sehingga mengurangi risiko penyakit dan kebutuhan akan antibiotik dan obat-obatan kimia lainnya.

Kolam air laut indoor (dalam ruangan)

Di Indiana, USA dengan sistem daur ulang air ini diterapkan untuk memelihara udang, sama sekali tidak menggunakan bahan kimia dan tidak menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan. Kombinasi sistem resirkulasi dengan “Sistem bioflok heterotrofik” yang diterapkan di dalamnya memungkinkan semua bahan organik—kotoran udang, bakteri, mikroalga, kulit udang, dan udang mati tetap berada di dalam air. Udang budidaya tumbuh dengan baik dan bakteri memanfaatkan sisa pakan dan feses udang.

Sistem Air Deras.

Air di dalam wadah budidaya di alam terbuka berganti dan mengalir secara kontinyu. Debit (volume air yang mengalir persatuan waktu) cukup tinggi, sehingga hanya dalam hitungan detik seluruh (100%) massa air keluar dari wadah dan terganti seluruhnya dengan air yang baru masuk ke dalam wadah tersebut. Pada sistem budidaya ini tidak digunakan pompa sehingga lebih berkelanjutan dibandingkan dengan budidaya dengan sistem air yang tergenang (stagnan)

Integrated MultiTrophic Aquaculture (IMTA).

Di wilayah daratan teknologi IMTA pun bisa diterapkan. Disini dibudidayakan species kultivar yang berbeda pada lahan yang sama di laut, sungai, danau, di dalam ruangan (*indoor*) tetapi masing-masing species ditempatkan pada wadah yang berbeda. Akuakultur multi-trofik melibatkan budidaya species seperti kerang, dan ikan mas, udang, dan tanaman sayur. Dalam sistem budidaya berbasis trophic level, jumlah ikan pemakan plankton, perifiton dan detritus (trophic level rendah) jauh lebih besar dari pada jumlah ikan karnivora (trophic level tinggi). Contoh species budidaya dalam IMTA adalah ikan (bandeng atau kerapu atau nila), kekerangan, teripang, rumput laut. Dilakukan di laut, berturut-turut setiap species ditempatkan pada kurungan terpisah secara vertikal, atau secara vertikal mengikuti arah arus.

Penerapan sistem IMTA ini tidak hanya menghasilkan biomassa (ikan, kerang, teripang, dan rumput laut atau tanaman sayur) yang bernilai ekonomis tinggi melalui diversifikasi produk, namun juga dapat mengurangi limbah yang masuk kedalam perairan.

Sisa pakan yang tidak dimanfaatkan oleh species utama (ikan dan udang) yang berbentuk petikel (berukuran kecil) menjadi sumber pakan untuk pemakan secara menyaring ikan *filter feeder* (kerang) dan senyawa atau zat-zat anorganik hasil berupa unsur nitrogen dan fosfor hasil perombakan sisa pakan dan kotoran ikan menjadi zat hara dan diserap oleh tanaman sayur atau buah yang merangsang pertumbuhannya. Hasilnya, sistem ini mengurangi akumulasi limbah dan membantu meningkatkan kualitas air, sambil memberikan nilai ekonomi tambahan bagi pembudidaya. Sistem aliran air secara horisontal yang lebih mudah diterapkan dilakukan di perairan yang dangkal .

IMTA juga dapat diterapkan di dalam ruangan semi-tertutup, bahkan dalam ruangan tertutup dengan pencahayaan sinar matahari yang minimal dan tambahan cahaya lampu untuk membantu pertumbuhan (melalui proses fotosintesis) unsur tanaman yang disertakan sebagai komponen penting dari sistem IMTA. Kalau dilakukan di dalam ruangan, setiap species ditempatkan pada wadah berupa bak-bak yang secara berurutan vertikal atau horizontal dihubungkan dengan pipa, dan airnya dialirkan kembali dengan pompa. Penggantian air dapat dilakukan sekian persen setiap sekian hari. Wadah boleh berupa akuarium kaca, bak-bak fibre glass, bak beton atau kayu berlapis plastik.

Mina Padi.

Pengembangan sistem minapadi mampu meningkatkan produksi padi dengan efisiensi pemanfaatan lahan sawah. Selain menghasilkan ikan (mas, nila dan ikan air tawar lainnya), minapadi menghasilkan padi organik karena pupuk yang digunakan berasal dari sisa metabolisme ikan, bukan pupuk kimia (pupuk anorganik). Mina padi : budidaya ikan terintegrasi padi +ikan mas, ikan nila + Azollla, kangkung dan tanamana air lainnya di sawah.

Akuaponik.

Akuaponik dalah sistem budidaya yang menggabungkan akuakultur dan hidroponik (tanaman dengan media tumbuh berupa air). Sistem akuaponik bermanfaat sebagai salah satu solusi permasalahan kerawanan pangan disuatu daerah. Feses dan sisa pakan dari ikan yang dibudidayakan mengalami penguraian dan menurunkan kualitas air berupa

penurunan konsentrasi oksigen terlarut di air dan produksi gas-gas antara lain amoniak dan karbondioksida dialirkan ke dalam wadah penumbuhan tanaman (sayuran atau buah) dan berfungsi sebagai sumber hara bagi tumbuhan tersebut.

Akar tanaman menjadi sebuah filter alami bagi air media budidaya ikan. Setelah melalui wadah tanaman (biofilter) tersebut, senyawa berbahaya bagi ikan sudah dimanfaatkan oleh tanaman, air yang kualitasnya kembali mengalir ke dalam wadah budidaya ikan. Filter menyimpan kelebihan padatan yang tidak dapat diambil tanaman Air. Tanaman yang sering dibudidayakan antara lain sawi, selada, kangkung, bayam, tomat, strawberry

Bioflok.

Bioflok sendiri berasal dari kata *bios* yang berarti kehidupan dan *floc* yang berarti gumpalan. Gumpalan yang terbentuk tersusun dari berbagai organisme mulai dari mikroba bakteri, fitoplankton, fungi, ciliata, nematoda, dan sebagainya.

Merupakan salah satu teknologi yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas air dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan zat makanan. Komponen dari teknologi ini adalah :

- a. Wadah fiber, plastik, atau beton berbentuk lingkaran, atau segi empat
- b. Probiotik Aquaenzim dan sebagainya
- c. Molase
- d. Pupuk urea
- e. Peralatan aerasi

Molase, bahan berbentuk cair berwarna coklat seperti kecap dengan aroma yang khas adalah salah satu sumber karbon yang dapat digunakan untuk mempercepat penurunan konsentarsi N-anorganik didalam air. Penambahan molase kedalam media budidaya diharapkan mampu menurunkan amonia dan meningkatkan pertumbuhan ikan sehingga dapat meningkatkan produksi ikan. Pada sistem bioflok ikan dapat memanfaatkan nutrisi dengan baik pada flok yang tersedia pada media pemeliharaan sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan. Bioflok memiliki kandungan protein yang tinggi sehingga bioflok dapat meningkatkan pertumbuhan ikan, dan menghambat patogen *Vibrio* didalam saluran pencernaan, juga ikan budidaya memiliki sistem kekebalan tubuh yang baik terhadap serangan penyakit.

Prinsip kerja bioflok adalah mengubah senyawa organik dan anorganik yang mengandung karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen menjadi massa lumpur atau *sludge* oleh bakteri pembentuk flok. Kotoran yang dihasilkan oleh ikan berubah menjadi fosfor, amonia dan senyawa beracun lain bagi ikan oleh aktivitas bakteri pengurai (heterotrof aerobik) yang berarti terjadi penurunan kualitas air. Bioflok memanipulasi aktivitas mikroba mengontrol kualitas air dengan mengubah amonium menjadi protein mikrobial yang mampu mengurangi residu sisa pakan. Ikan pun akan mendapat protein ganda, yaitu berasal dari pakan dan mikroba yang merupakan protein daur ulang dari sisa pakan.

Prinsip kerja bioflok memerlukan banyak air. Selain itu, sistem ini juga memerlukan aerasi dan pengadukan yang kuat untuk menjaga suspensi limbah organik agar bisa dicerna oleh bakteri. Jadi prinsip kerja bioflok bisa disamakan dengan biofilter pada kolam biasa

karena tidak ada filtrasi eksternal dan dibutuhkan sedikit atau tanpa pembuangan padatan dari kolam.

Polikultur.

Polikultur adalah budidaya dua atau lebih spesies atau ukuran biota kultiva atau lebih secara bersama-sama di dalam satu wadah. Apesies ikan yang ditebar dalam polikultur harus dapat hidup bersama. Species dan ukuran yang berbeda tersebut dapat tumbuh bersama selama hubungan yang seimbang dipertahankan.

Polikultur adalah cara yang baik untuk memanfaatkan lahan (kolam, tambak dsb). Hal yang penting untuk diingat adalah bahwa species kultivar yang dipilih tidak boleh bersaing satu sama lainnya. Contoh polikultur adalah budidaya udang bersama bandeng dan rumput laut.

Dengan penggabungan species terpat, masing-masing spesies memngonsumsi pakan yang berbeda.

- a. polikultur lebih tahan terhadap penyakit. Penyakit, jika ada, biasanya menyerang ikan yang lebih kecil, lebih lemah, dan ikan yang lebih sehat terus hidup dan tumbuh
- b. jika ditebar dan dikelola dengan benar, kolam polikultur dapat memberikan produksi yang maksimal

Bergerak ke Perairan Lepas Pantai

Salah satu strategi yang dapat ditempuh menciptakan lingkungan yang bersih adalah memindahkan kegiatan akuakultur ke laut terbuka di mana airnya lebih bersih, arusnya lebih kuat dan cukup stabil untuk terus membuang limbah limbah dan menjauhkan hama dan parasit. Laut terbuka juga menyediakan budidaya perikanan dengan salinitas dan suhu yang lebih stabil sehingga biota budidaya terhindar dari stres yang berlebihan dan lebih tahan terhadap penyakit, yang mendorong pertumbuhan yang lebih baik dan meminimalkan kebutuhan akan antibiotik atau vaksin.

Teknologi Integrated Multitropik Akuakultur (IMTA) juga disebut Multi Trophic Sea Farming (MTSF) yang menggabungkan spesies dari berbagai tingkat jaring makanan menjadi salah satu pilihan teknologi budidaya perikanan ke depan. Biotanya berupa kerang, bulu babi, teripang, dan rumput laut selain ikan.

Biota-biota ini tidak saling berkompetisi bahkan saling menguntungkan. Kerang memakan mamakan limbah berupa partikel-partikel sisa pakan dan plankton, sedangkan rumput laut mengambil nutrisi anorganik. Bulu babi dan teripang mengonsumsi partikel yang lebih besar di dasar laut. Seluruh biota tersebut memiliki nilai ekonomi. Struktur vertikal atau horisontal boleh diterapkan di wilayah laut.

Dengan sistem budidaya ini di Kanada dicatat bahwa pertumbuhan rumput laut dan kerang masing-masing 50% dan 46% lebih tinggi jika dibandingkan yang di luar sistem IMTA.

Fakta : lautan membentuk 70% dari permukaan dunia kita tetapi menyediakan kurang dari 2% dari pasokan makanan kita. Hampir semua upaya pengembangan budidaya laut selama ini terfokus pada perairan laut pesisir, yang umumnya berada dalam jarak tiga mil laut dari pantai. Laut terbuka, bagaimanapun, menawarkan air yang lebih dalam dan

arus yang lebih kuat daripada di daerah pesisir; ini pada gilirannya berarti bahwa sistem akuakultur lepas pantai memungkinkan pengenceran limbah yang dihasilkan dari sistem budidaya secara lebih efisien. Tidak hanya itu, di perairan lepas pantai terdapat lebih sedikit nutrisi dan keanekaragaman hayati dibandingkan di perairan pesisir yang rapuh, memungkinkan penyebaran limbah ikan yang lebih cepat ke dalam jaring makanan laut, dengan dampak lingkungan yang lebih sedikit. Sistem lepas pantai dengan keramba jaring apung dan IMTA yang ditempatkan di laut diluar garis pantai, menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan. Jika ruang daratan sudah tidak memungkinkan menampung proses budidaya yang ramah lingkungan, maka pemanfaatan laut adalah satu-satunya alternatif.

Sistem budidaya ini adalah metode yang hemat biaya dalam mengurangi akumulasi nutrisi karena tidak diperlukan lagi instalasi dan pengoperasian filter buatan yang memakan biaya dan energi yang besar.

Negara-negara yang teknologi IMTANYa berkembang pesat: Australia, Cina, Perancis, Spanyol

Peran Pemerintah dan Masyarakat

Kesadaran masyarakat akuakultur diperlukan untuk mengembangkan Sertifikasi Praktik Budidaya Terbaik. Standar tersebut menyangkut tanggung jawab lingkungan dan sosial, higienitas biota budidaya, keamanan pangan, dan ketertelusuran. Pada umumnya perusahaan akuakultur meyakini bahwa *go green* dan *go blue* itu terlalu mahal, dan bahwa kontribusinya tidak menghasilkan banyak keuntungan. Akan tetapi kalau dilakukan, hal itu merupakan tindakan partisipasi yang membangun landasan memupuk perubahan ke arah yang menguntungkan dalam jangka panjang yang diperlukan oleh generasi selanjutnya.

Sektor swasta harus menjadi *Green Company* (Perusahaan akuakultur yang ramah lingkungan) yang secara kontinyu melaksanakan *Green Project* (proyek akuakultur yang ramah lingkungan) yakni dapat berperan meningkatkan upayanya untuk membuat program pencegahan dan penanggulangan kerusakan lingkungan yang potensil ditimbulkan dari kegiatan ekonominya.

Dengan semakin banyak pengusaha yang sadar dan terlibat, khususnya mengingat bahwa pendekatan yang lebih hijau dan biru dapat bermanfaat bagi ekonomi dalam jangka panjang, upaya gabungan yang ada akan membantu memupuk upaya kolektif menuju peningkatan keberlanjutan lingkungan

Proyek -proyek Akuakultur Berkesinambungan harus dinisiasi oleh instansi terkait dalam menyediakan ketahanan pangan dan makanan yang lebih aman dan lebih bersih bagi masyarakat dengan menyertakan *reward* (penghargaan, hibah atau bantuan terhadap yang melakukan kegiatan semacam itu)

Pemerintah mungkin sudah saatnya memprogramkan *Green Aquacultural Park* atau kawasan akuakultur hijau di beberapa daerah dengan mengintegrasikan sistem energi terbarukan dalam beberapa cara, seperti menggunakan turbin angin (listrik tenaga bayu), penggunaan sistem pemanas dan pendingin bertenaga surya, penggunaan pompa air bertenaga angin, pembangkit listrik tenaga air (PLTA), pasang surut dan tenaga panas bumi. Proyek ini dapat membawa perubahan positif pada citra akuakultur, dan

mengurangi biaya operasi dan meningkatkan daya saing dan profitabilitas, serta mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Konsumen dengan budaya konsumsi ikan yang ikut berperan dalam menciptakan kegiatan akuakultur yang berkelanjutan berupa semakin kritis dan selektif terhadap sumber makanan, dan tidak ada di atas meja makannya ikan yang dihasilkan dengan cara dan dari sumber yang tidak berkelanjutan yang menyebabkan kerusakan ekosistem.

Masyarakat konsumen memiliki hak mendorong supermarket dan restoran untuk memasok dan menyediakan ikan yang dibeli berupa ikan yang sehat dan berkelanjutan. Karena ada sejumlah skema sertifikasi internasional dan nasional yang berbeda untuk akuakultur, FAO mengembangkan pedoman teknis untuk sertifikasi akuakultur dan kerangka evaluasi. Di Indonesia juga sudah ada lembaga yang bertugas untuk hal tersebut. Akan tetapi sementara ini penilaian dan sertifikasi dampak lingkungan umumnya hanya diperuntukkan bagi usaha budidaya berskala besar (industri), tidak bagi yang berskala kecil, padahal justru banyak di antara usaha kecil tersebut yang tidak berkelanjutan dan higienitasnya perlu ditingkatkan yang produknya dipasarkan sampai ke mancanegara. Sehingga ketentuan yang mengatur pengembangan akuakultur yang bertanggung jawab dan berkelanjutan tersebut masih perlu lebih dipertegas atau diperkuat lagi.

Selain lembaga2 riset, perbankan juga harus memberlakukan persyaratan sustainable (bersertifikat) bagi usaha-usaha budidaya yang mengajukan bantuan modal. Badan-badan konservasi juga harus terlibat dalam pengawasan, dan instansi perdagangan harus ketat dalam izin ekspor (pengawasan mutu) komoditi hasil budidaya.

Referensi

- Badan Riset dan Sumber Daya Manusia Kelautan dan Perikanan (BRSDM). KKP. May, 2022. KJA Sistem Akuaponik Solusi Atasi Pencemaran Waduk. <https://www.pertanianku.com/kja-sistem-akuaponik-solusi-atasi-pencemaran-waduk/>
- Hidayattuloh, M.H., A.N.Bambang, A. Amirudin. 2020. The Green Economy Concept as Development Strategy of Cempaka Tourism Village toward Sustainable Tourism Development. The Indonesian Journal of Planning and Development. Volume 5 No 1, February 2020, 30-37 <http://dx.doi.org/10.14710/ijpd.5.1.30-37>
- <https://www.voaindonesia.com/a/jokowi-perintahkan-penguatan-green-economy-dan-blue-economy-/5877426.html>. Jokowi Perintahkan Penguatan 'Green Economy' dan 'Blue Economy
- Jacinda, A..K., A. Yustiati dan Y. Andriani. 2021. Aplikasi Teknologi Resirculating Aquaculture System (RAS) di Indonesia ; A Review. Jurnal Perikanan dan Kelautan. Volume 11 Nomor 1 Juni 2021, Halaman : 43 - 59
- LPII, Balai Bio Industri Laut. 2022). Integrated Multi trophic Aquaculture (IMTA); <http://lipi.go.id/risetunggulan/single/integrated-multi-trophic-aquaculture-imta/49>
- Mensah, J. 2019. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. Cogent Social Sciences (2019), 5: 1653531. <https://doi.org/10.1080/23311886.2019.1653531>
- Sastro, Y. 2016. Teknologi Akuaponik Mendukung Pengembangan Urban Farming. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Jakarta, pp. 26-27.
- Syamsuddin, R. 2014. Pengelolaan Kualitas Air; Teori dan Aplikasi di Sektor Perikanan. Pijar Press. 340 hal.
- Syamsuddin, R., M.Y. Karim, Zainuddin, Rustam, E.Saade, R. Bohari, A.C. Malina, Sriwulan, A.A. Hidayani. 2022. Dasar-Dasar Akuakultur. Unhas Press. 225 hal.

