



Gambaran Keseluruhan Usaha R&D untuk Meningkatkan Kelestarian dalam Perikanan dan Akuakultur

Dibiayai oleh Kesatuan Eropah (EU). Walau bagaimanapun, pandangan dan pendapat yang dinyatakan adalah pandangan pengarang sahaja dan tidak semestinya mencerminkan pandangan Kesatuan Eropah atau Agensi Eksekutif Pendidikan dan Kebudayaan Eropah (EACEA). Kesatuan Eropah mahupun EACEA tidak boleh bertanggungjawab ke atas mereka.

Project: 101129136 — SustainaBlue — ERASMUS-EDU-2023-CBHE



Co-funded by
the European Union



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

RAKAN KERJASAMA

Malaysia



Indonesia



Greece



Cyprus

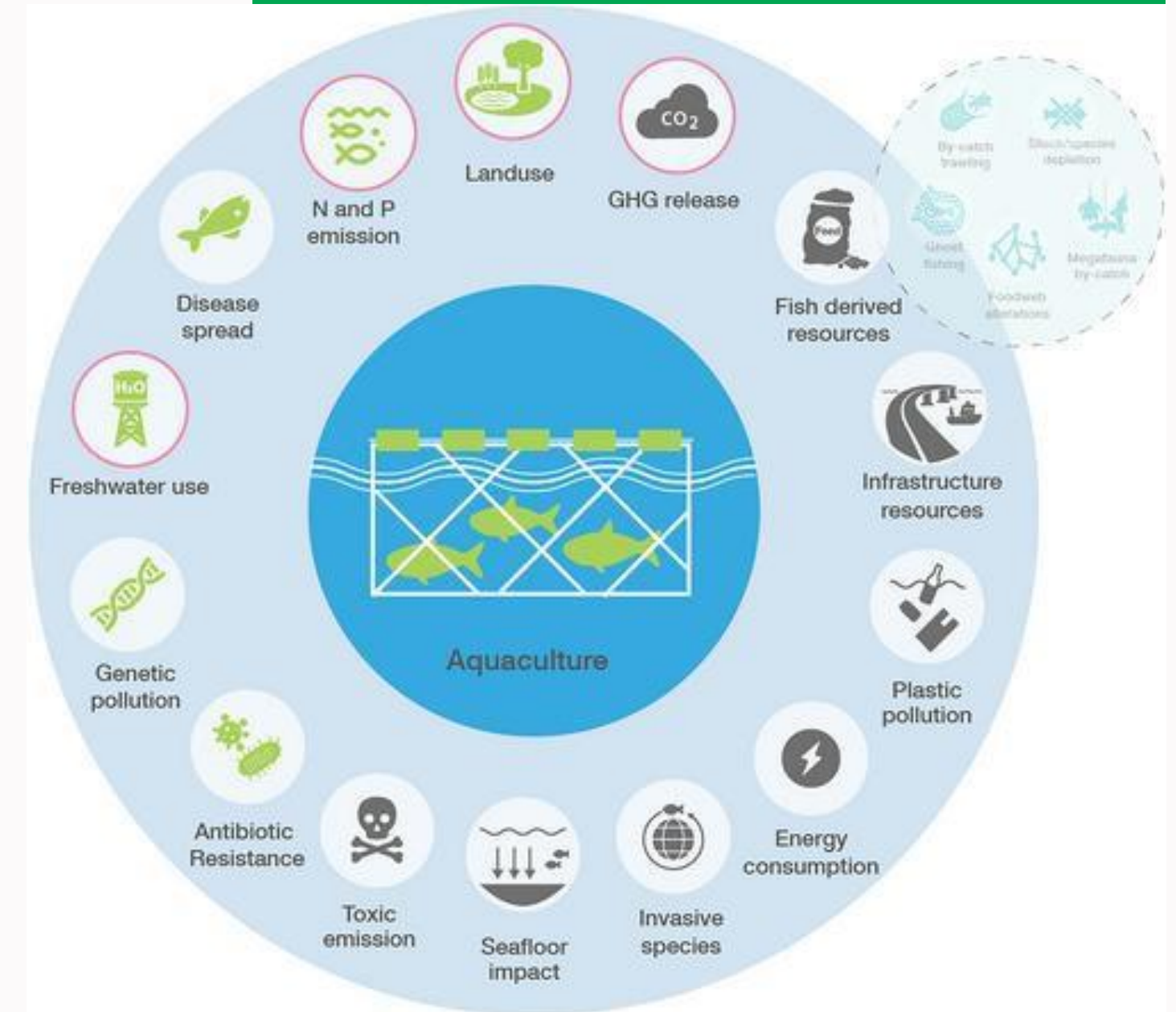


Dibiayai oleh Kesatuan Eropah. Walau bagaimanapun, pandangan dan pendapat yang dinyatakan adalah pandangan pengarang sahaja dan tidak semestinya mencerminkan pandangan Kesatuan Eropah atau Agensi Eksekutif Pendidikan dan Kebudayaan Eropah (EACEA). Kesatuan Eropah mahupun EACEA tidak boleh bertanggungjawab ke atas mereka.

Project: 101129136 — SustainaBlue — ERASMUS-EDU-2023-CBHE

Isi kandungan

- 01 Pembiakan Terpilih dan Inovasi Genetik
- 02 Makanan Alternatif dan Kecekapan Sumber
- 03 Teknologi Pengeluaran Transformasi
- 04 Pemantauan tepat dan Kecerdasan Buatan
- 05 Dasar, Ekuiti dan Pengurusan Ekosistem
- 06 Arah Penyelidikan dan Pembangunan Masa Hadapan



Troell et al. (2023)



1. Pembiakan Terpilih dan Inovasi Genetik (1)

R&D telah menunjukkan kemajuan dalam penambahbaikan genetik melalui pembiakan terpilih, meningkatkan kadar pertumbuhan ikan, ketahanan terhadap penyakit, dan produktiviti keseluruhan. Ini menyumbang kepada populasi ikan yang lebih tahan lasak dan mampu hidup dalam pelbagai persekitaran, sekaligus menyokong keselamatan makanan global serta mengurangkan tekanan ekologi.

Pembiakan Terpilih:

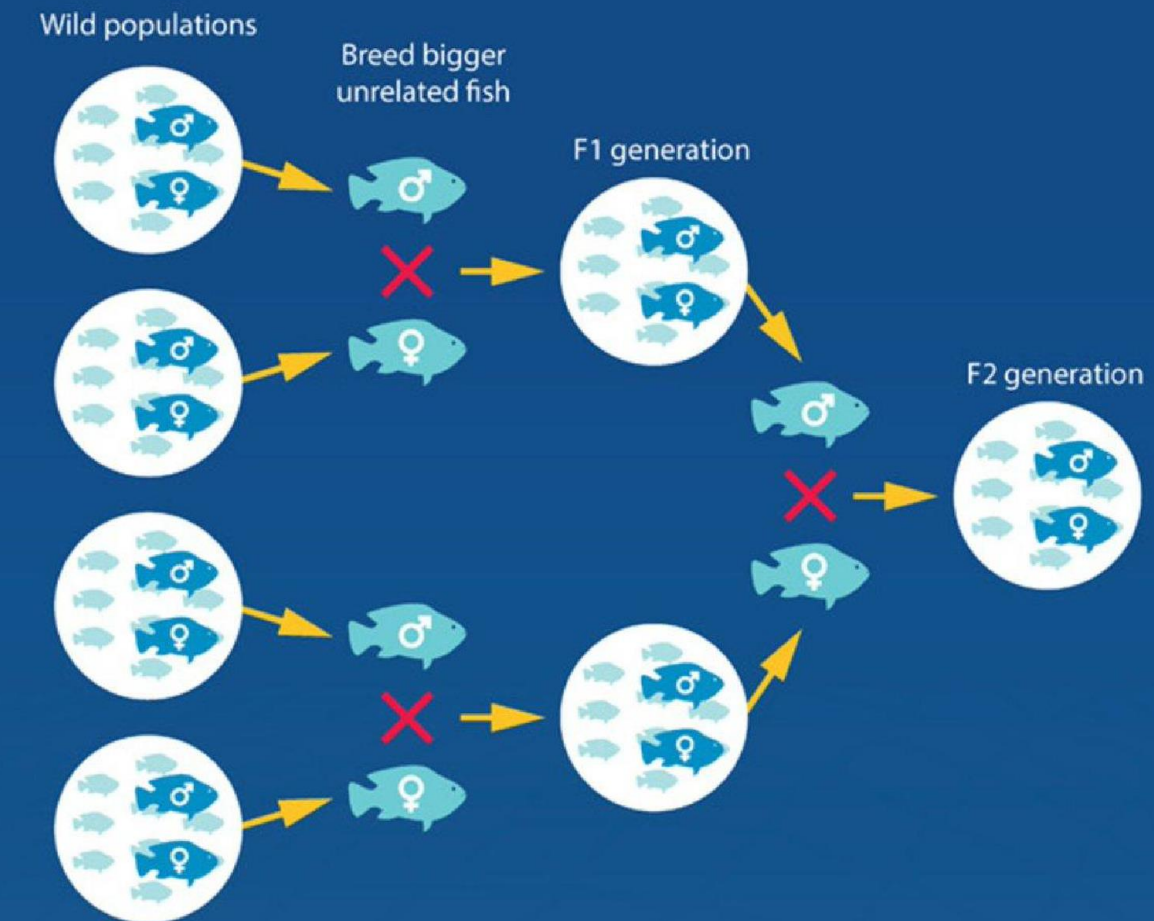
- Dalam program pembiakan terpilih, **perubahan berlaku secara rawak** dimana **kebarangkalian kepada perubahan yang diinginkan berlaku adalah rendah dan proses yang panjang untuk generasi menghasilkan baka.**
- Meningkatkan ketahanan penyakit dan kebolehsuaian iklim. Norway mengurangkan penggunaan antibiotik di dalam salmon sebanyak 99% melalui strain yang telah divaksinasi, pertumbuhan strain terlalu cepat [1].
- Membangunkan tilapia yang tahan kemasinan (contohnya., *Oreochromis mossambicus*) untuk ditanak dalam air payau.
- Pembiakan tilapia terpilih oleh ICLARAM (International Centre for Living Aquatic Research Management) → produk: Gift strain → 100% lebih cepat berbanding populasi asas mereka dan mampu berkembang maju dalam semua keadaan persekitaran.

Layari:

- <https://www.youtube.com/watch?v=rf4SEy7eFmw>
- <https://www.youtube.com/watch?v=ErHlNYZzAus>



Bringing the power of selective breeding to fish



Selective breeding brings rapid, sustainable gains
Faster growth...



... and even less feed per kilogram of fish*

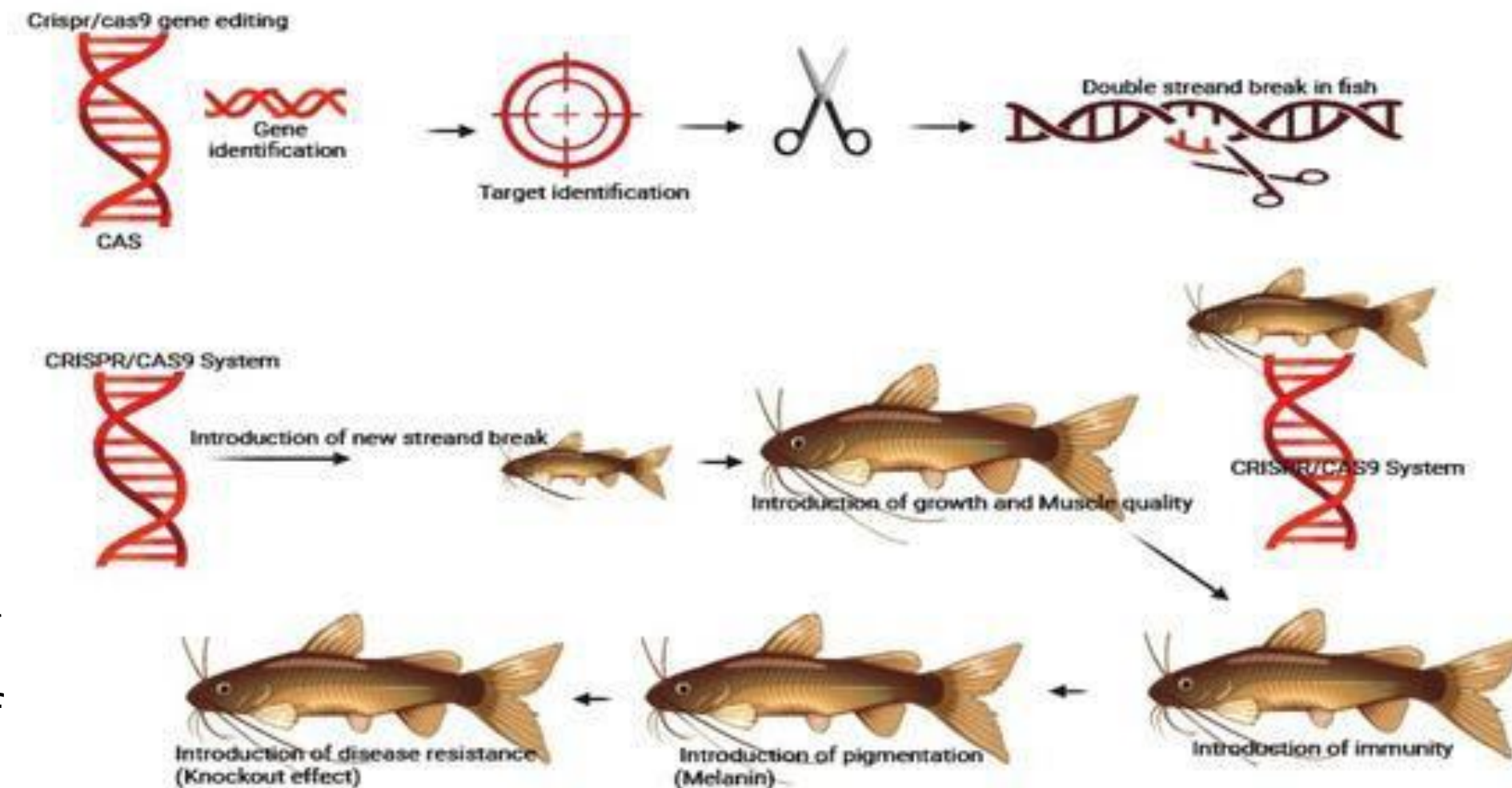
Feed conversion ratio



1. Pemilihan Baka dan Inovasi Genetik (2)

CRISPR dan Penyuntingan Gen:

- Penyuntingan genom boleh **mempercepatkan proses pembiakan** dengan ketepatan apabila berlaku perubahan yang disasarkan pada gen dimana kebarangkalian agar perubahan yang diinginkan berlaku.
- CRISPR/Cas9 baru-baru ini telah digunakan pada ciri-ciri yang dinilai dalam beberapa spesies akuakultur (hampir > 20 spesies), menyasarkan ciri-ciri utama inisiatif peningkatan genetic tradisional seperti pertumbuhan, ketahanan penyakit, pembiakan, kemandulan, dan pigmentasi [2].

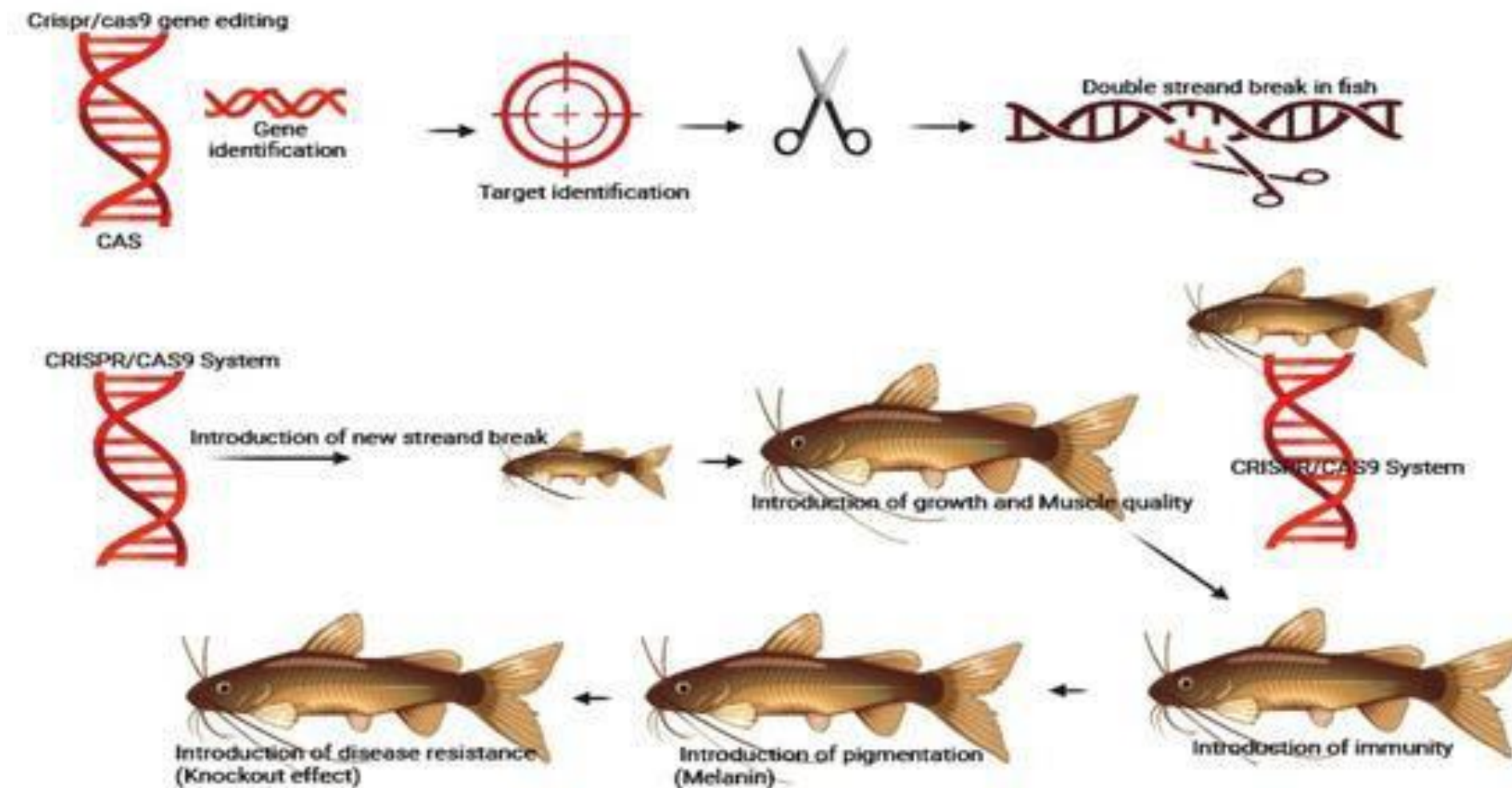


Aplikasi CRISPR/Cas9 dalam akuakultur melibatkan beberapa langkah. Pertama, gRNA khusus direka untuk memandakan jujukan gen sasaran. Kemudian, protein Cas9 mengikat DNA sasaran, menyebabkan pemecahan dua helai. Akhirnya, rehat dibaiki (Roy et al., 2022)

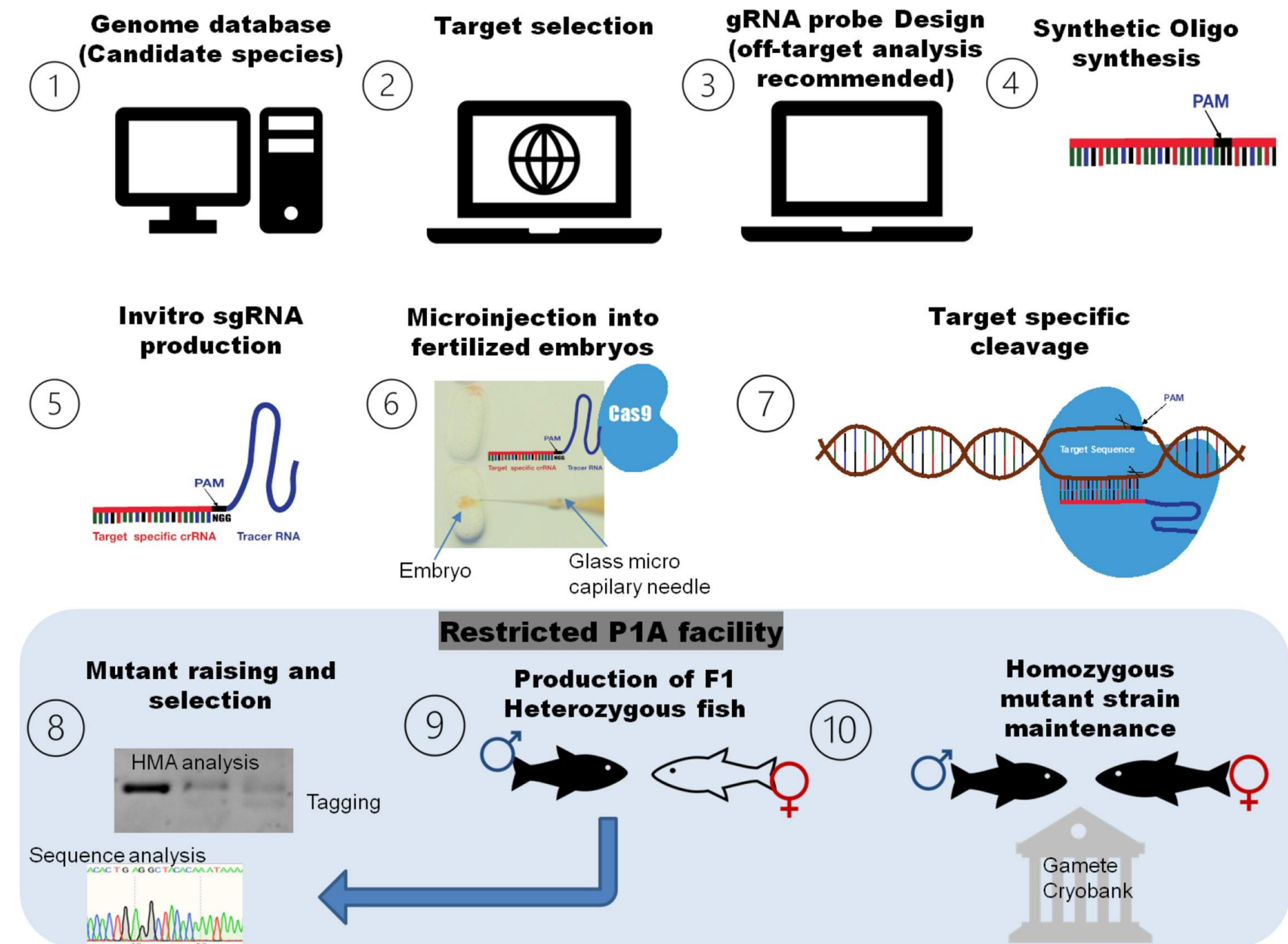
1. Pemilihan Baka dan Inovasi Genetik (2)

CRISPR dan Penyuntingan Gen:

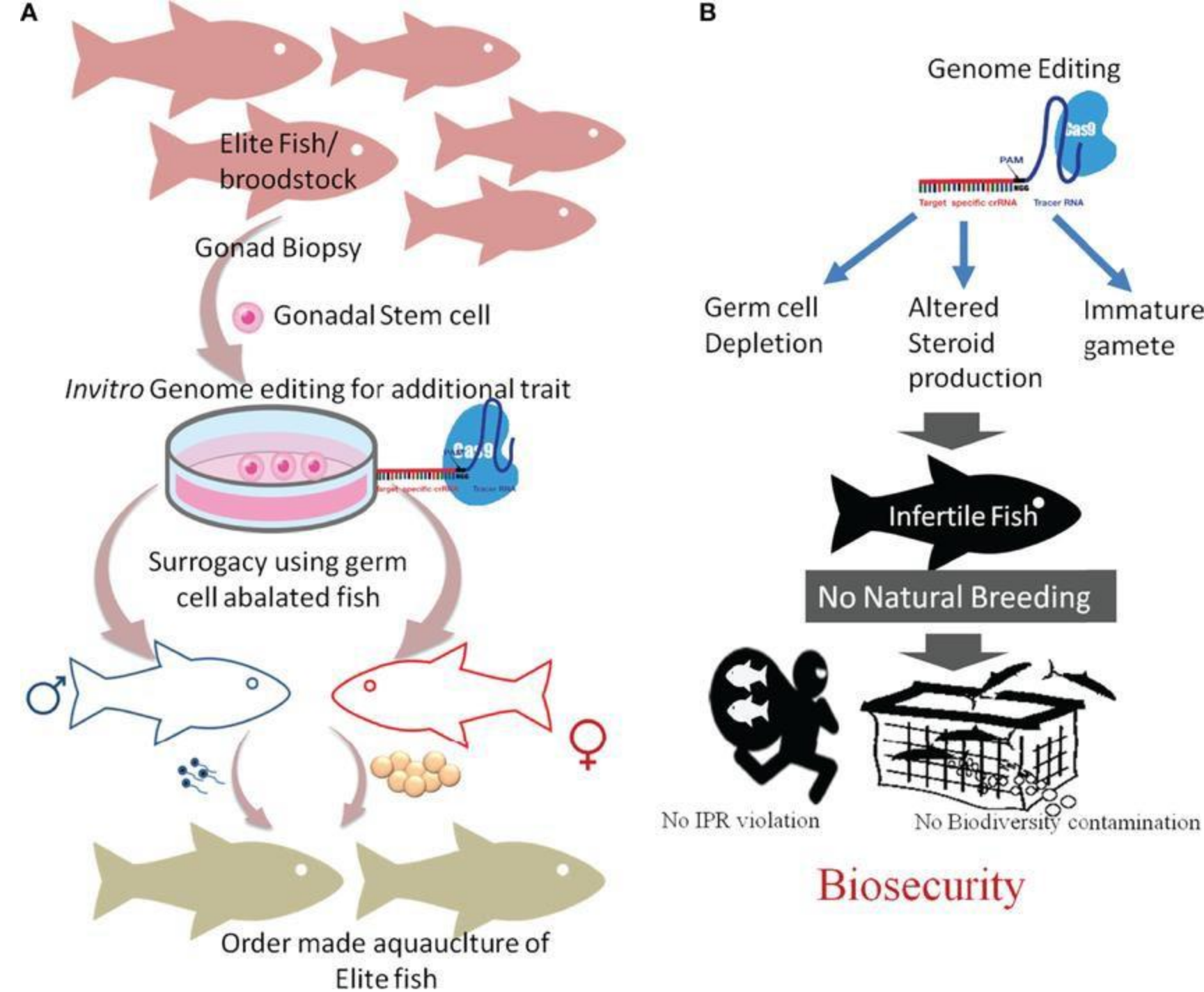
- Telah digunakan kepada: Salmon Atlantik; tilapia Sungai Nil; siakap merah; saluran dan ikan keli selatan; trout pelangi; ikan siakap muncung tumpul; dan ikan kap yang ditenak seperti Rohu, rumput, dan ikan mas biasa, serta tiram Pasifik, killifish Atlantik, ikan laga, tapak lidah cina, zaitun udang menggelepar, oriental dan putih, dan spesies lain.



Aplikasi CRISPR/Cas9 dalam akuakultur melibatkan beberapa langkah. Pertama, gRNA khusus direka untuk memadankan jujukan gen sasaran. Kemudian, protein Cas9 mengikat DNA sasaran, menyebabkan pemecahan dua helai. Akhirnya, rehat dibaiki (Roy et al., 2022)



Pelan jalan mudah metodologi umum untuk pengeditan genom CRIPSR/Cas dalam akuakultur dan perikanan. Gen sasaran perlu dipilih selepas mencari pangkalan data genom spesies calon. SgRNA perlu direka bentuk dengan bantuan alat reka bentuk sgRNA, dan kemudian, oligo sgRNA perlu disintesis. Untuk pembelahan khusus sasaran, campuran sgRNA dan cas9 perlu dihantar ke embrio yang baru disenyawakan pada peringkat satu sel melalui suntikan mikro atau kaedah yang serupa. Langkah terakhir ialah menilai keputusan pengeditan genom dan peringkat aplikasi yang merangkumi analisis mutagenesis, pemilihan mutan, persilangan dengan populasi liar dan pengeluaran garis mutan tertentu, penilaian fenotip (s) berkaitan mutasi yang disebabkan oleh CRISPR, dan penubuhan varieti baharu dengan nilai yang lebih baik dalam akuakultur. (Roy et al., 2022)



Masa depan penyuntingan genom dalam akuakultur dan perikanan. Diandaikan bahawa penyuntingan genom akan digunakan sebahagian besarnya dalam akuakultur untuk meningkatkan kemampuannya. Untuk menghasilkan stok yang diedit genom, mutasi germline adalah penting. (A) Panel kanan menunjukkan sel stem gonad [sel prekursor sel kuman atau sel penghasil gamet (GSC)] daripada pelbagai ikan (elit) berprestasi tinggi akan dikumpul, dikultur dan diubah suai menggunakan penyuntingan genom. GSC yang disunting genom in vitro, yang membawa mutasi, apabila dipindahkan ke dalam perumah yang disterilkan (tanpa sel kuman atau abalated) akan menghasilkan gamet jantan dan betina, bergantung kepada jantina perumah. Percampuran gamet ini akan menghasilkan regangan unggul tertentu. (B) Ilustrasi yang menunjukkan penggunaan perintah berasaskan GSC membuat pengeluaran terikan dalam pengeluaran ikan tidak subur, akuakultur terkawal dan biosekuriti. (Roy et al., 2022)

2. Sumber Makanan Alternatif dan Kecekapan Penggunaan (1)

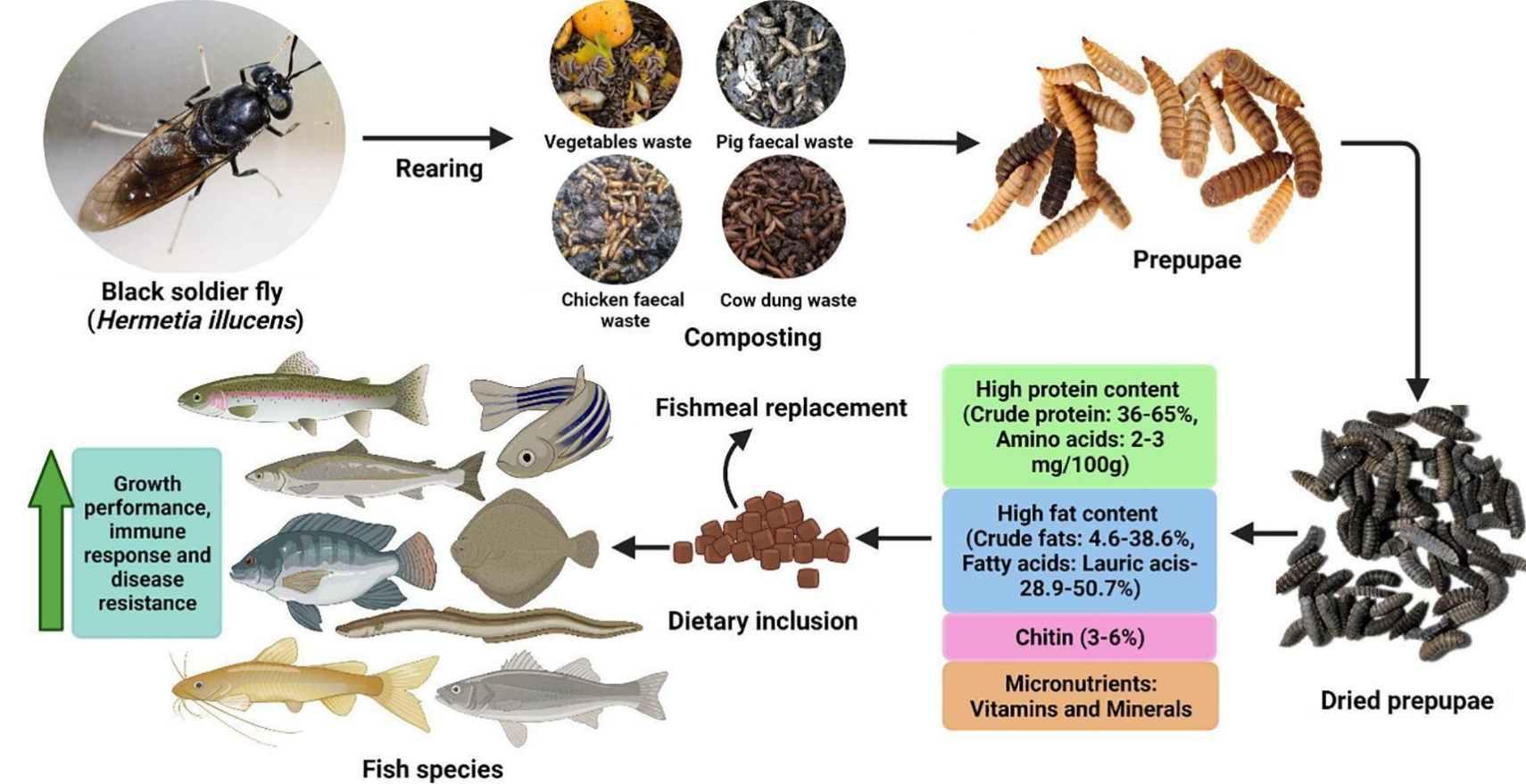
Sumber Protein Alternatif:

- Makanan serangga (cth., larva lalat askar hitam), alga, dan protein mikrob menggantikan tepung ikan, mengurangkan pergantungan pada ikan ternakan yang ditangkap liar. Ecuador ladang udang mencapai hasil 25% lebih tinggi selepas peralihan [3].

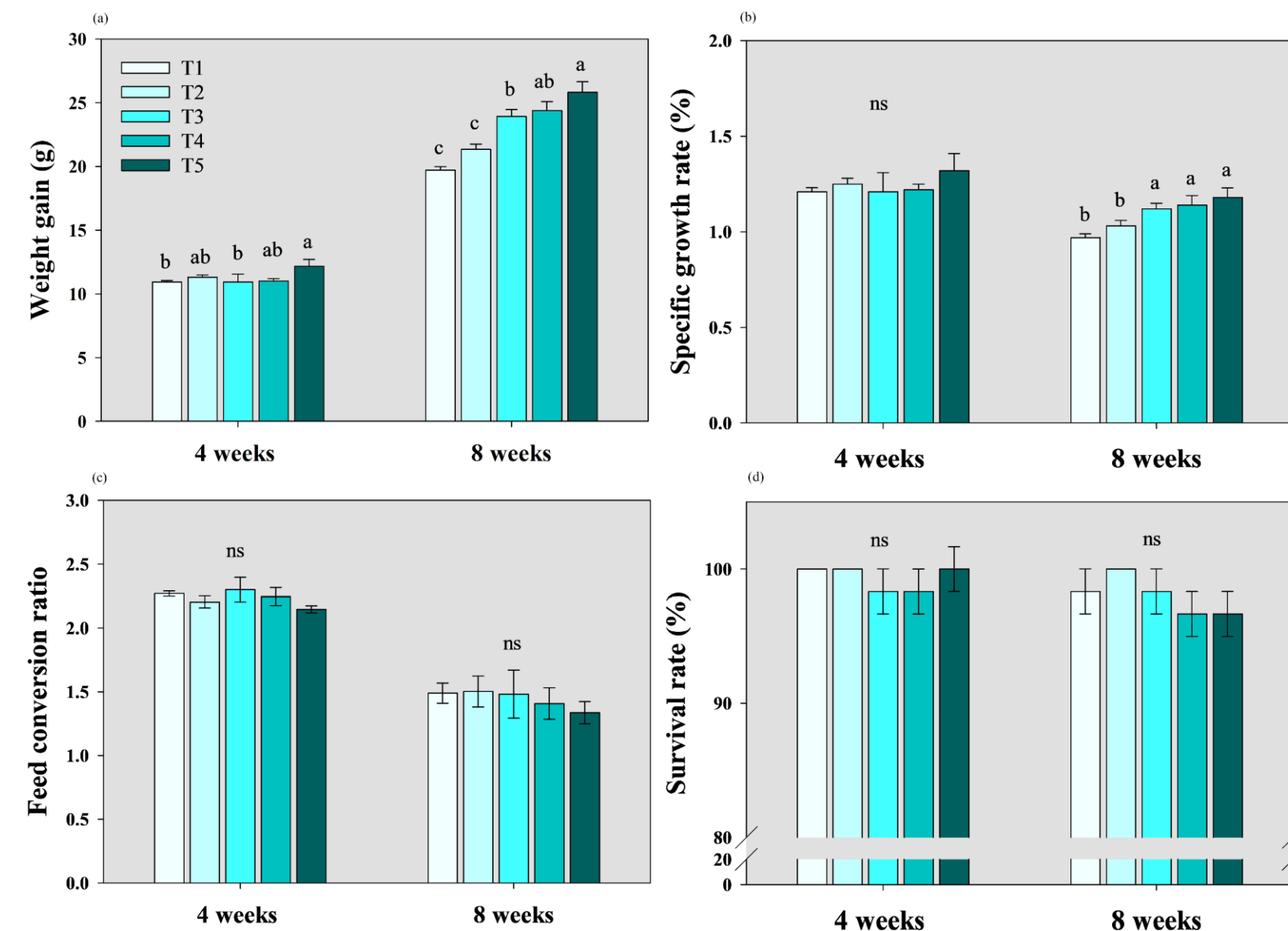
Layari:

- <https://www.youtube.com/watch?v=6WqgmMiYPak>
- <https://www.youtube.com/watch?v=3gAdT5YigGo>

Pengukuran WG atau pertambahan berat badan (a), SGR atau kadar pertumbuhan khusus (b), FCR atau nisbah penukaran makanan (c), dan SR atau kadar kemandirian (d) ikan Koi yang diberi diet berikut: kawalan 0 g kg⁻¹ BSFLM (T1), 50 g kg⁻¹ BSFLM (T2), 100 g kg⁻¹ BSFLM (T2), 100 g kg⁻¹ kg⁻¹ BSFLM (T4), dan 200 g kg⁻¹ BSFLM (T5). Data yang dibentangkan sebagai min ± SEM, dan penggunaan huruf yang berbeza menandakan perbezaan yang signifikan secara statistik antara kumpulan ($p < 0.05$). Simbol “ns” digunakan untuk menunjukkan ketiadaan perbezaan ketara ($p > 0.05$). (Linh et al., 2024)



Mohan et al., 2022



2. Sumber Makanan Alternatif dan Kecekapan Penggunaan (2)

Pengoptimum Nisbah Penukaran Sumber Makanan:

- Pembiakan genetik dan sistem pemakanan dipacu AI menurunkan FCR daripada >1.5 kepada $0.9 - 1.1$, mengurangkan sisa makanan sebanyak 20% [4].

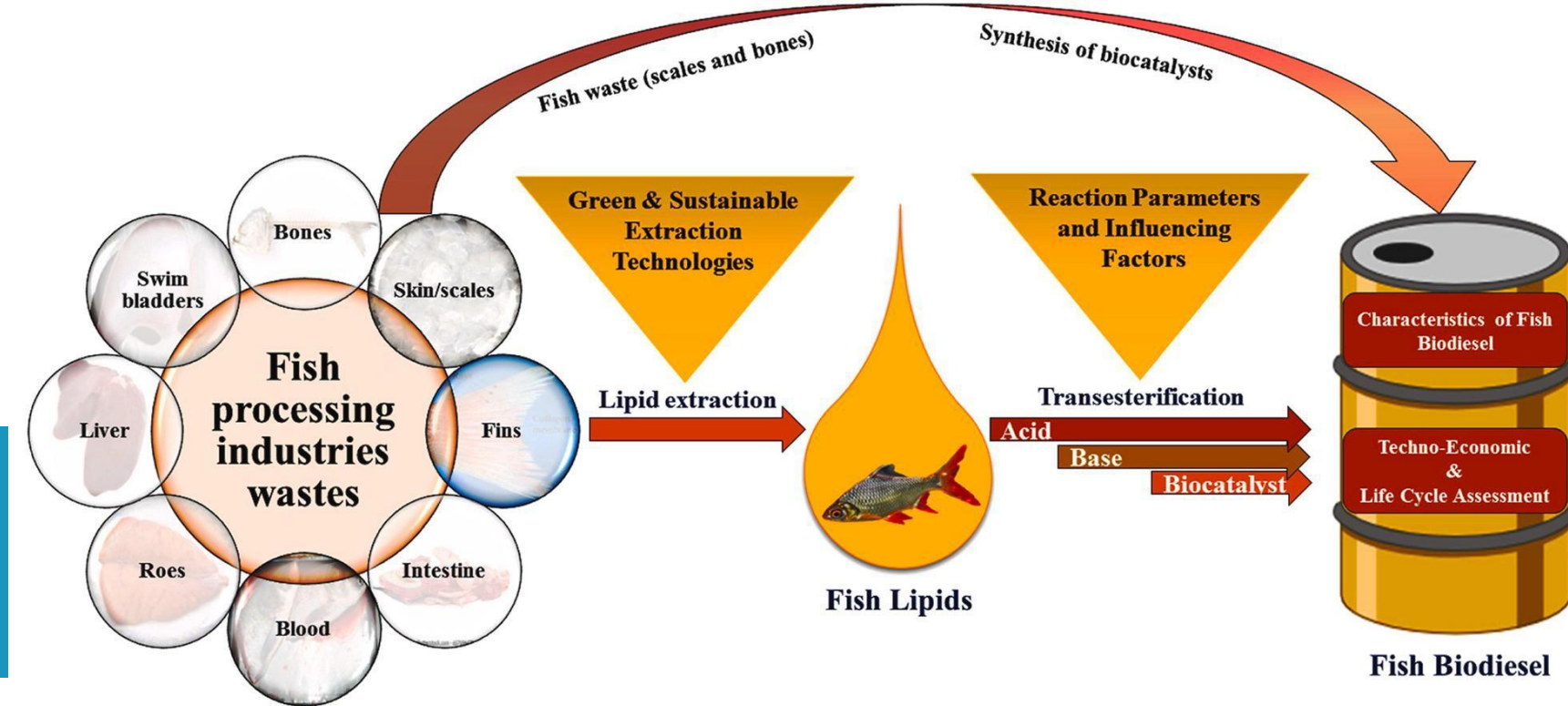
Penggunaan Sisa:

- Hasil sampingan pemprosesan ikan ditukar menjadi kolagen, kitosan atau biofuel (cth., TômTex's kulit tempurung udang), membolehkan ekonomi bulat [5].

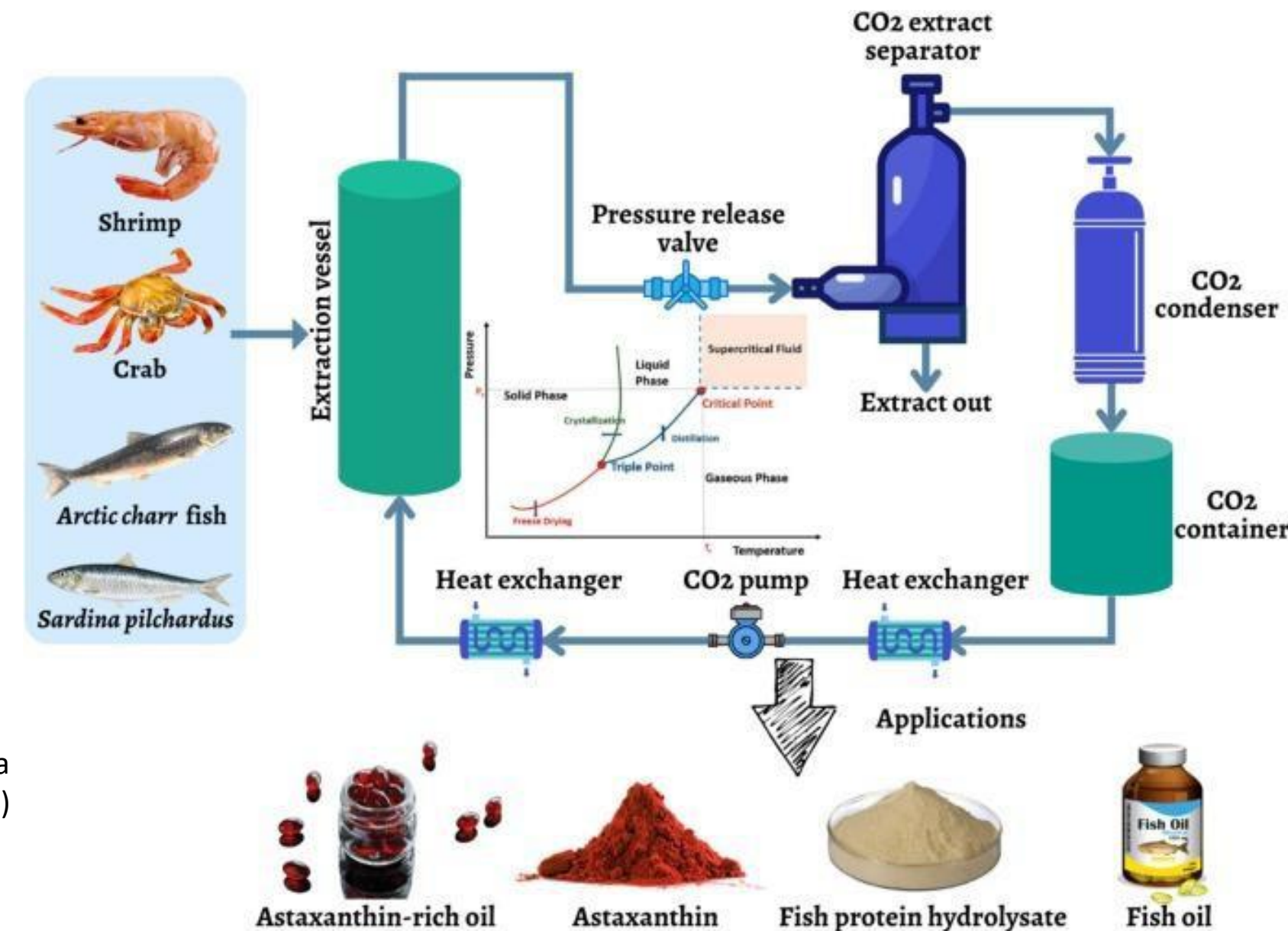
Layari:

- <https://www.youtube.com/watch?v=iCTAoOaBKw8>
- https://www.youtube.com/watch?v=4XFEwVSG_rc

Skema prinsip kerja dan aplikasi teknik pengekstrakan berbantuan gelombang mikro (MAE). (Xia et al., 2024)



Jaiswal et al., 2024



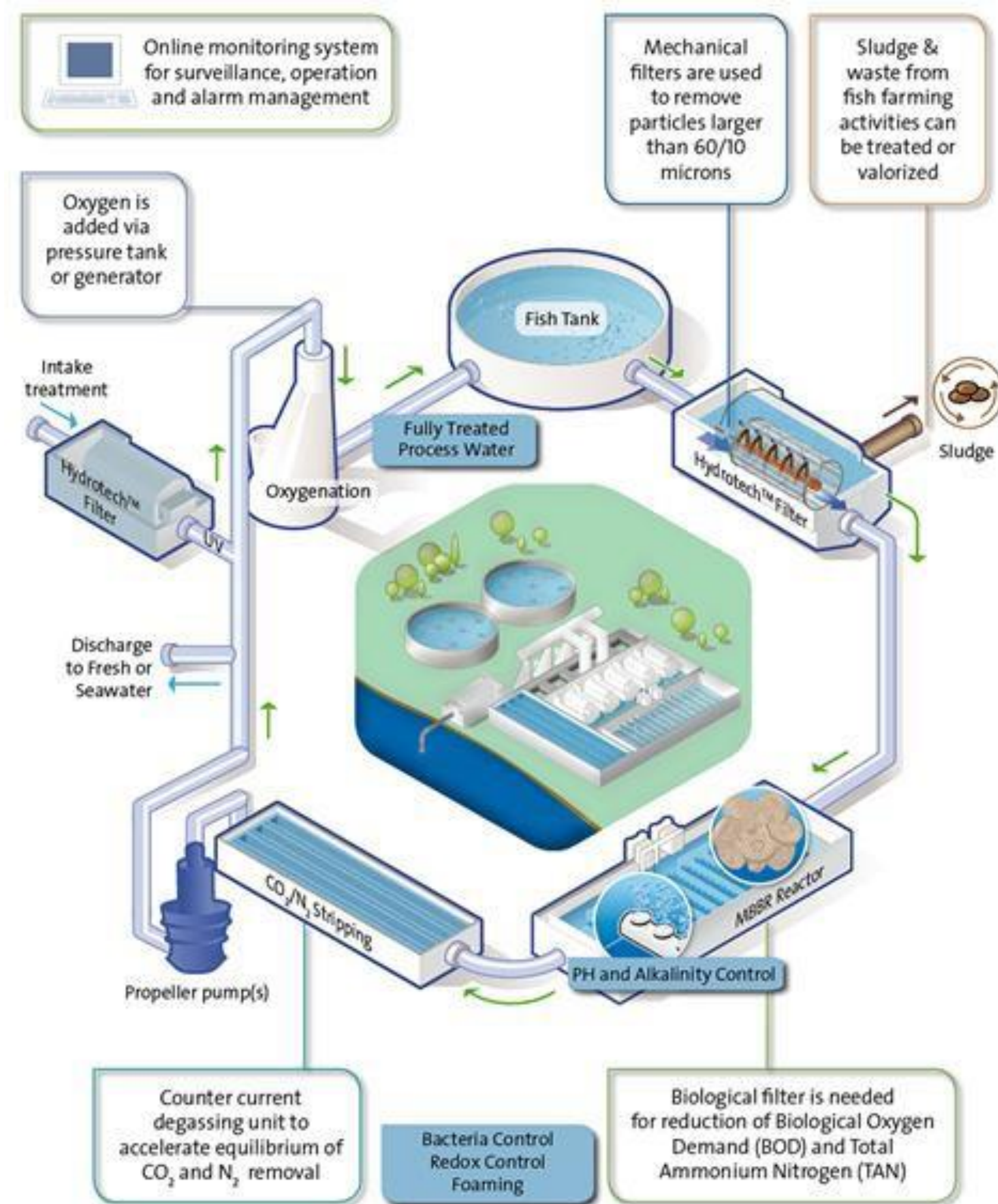
2. Teknologi Pengeluaran Transformasi (1)

Sistem Akuakultur Peredaran Semula (RAS):

- Sistem gelung tertutup yang mengitar semula >95% air, mengurangkan penggunaan tanah dan mencegah pencemaran. Projek seperti Atlantic Sapphire (USA) menunjukkan kebolehskalaan, menghasilkan 10,000 tan salmon setiap tahun dengan kesan alam sekitar yang minimum [4].

Akuaponik dan Integrasi Takungan :

- Memanfaatkan badan air sedia ada (cth., empangan) untuk penternakan ikan, mengoptimumkan kecekapan sumber tanpa pemusnahan habitat baharu [6].



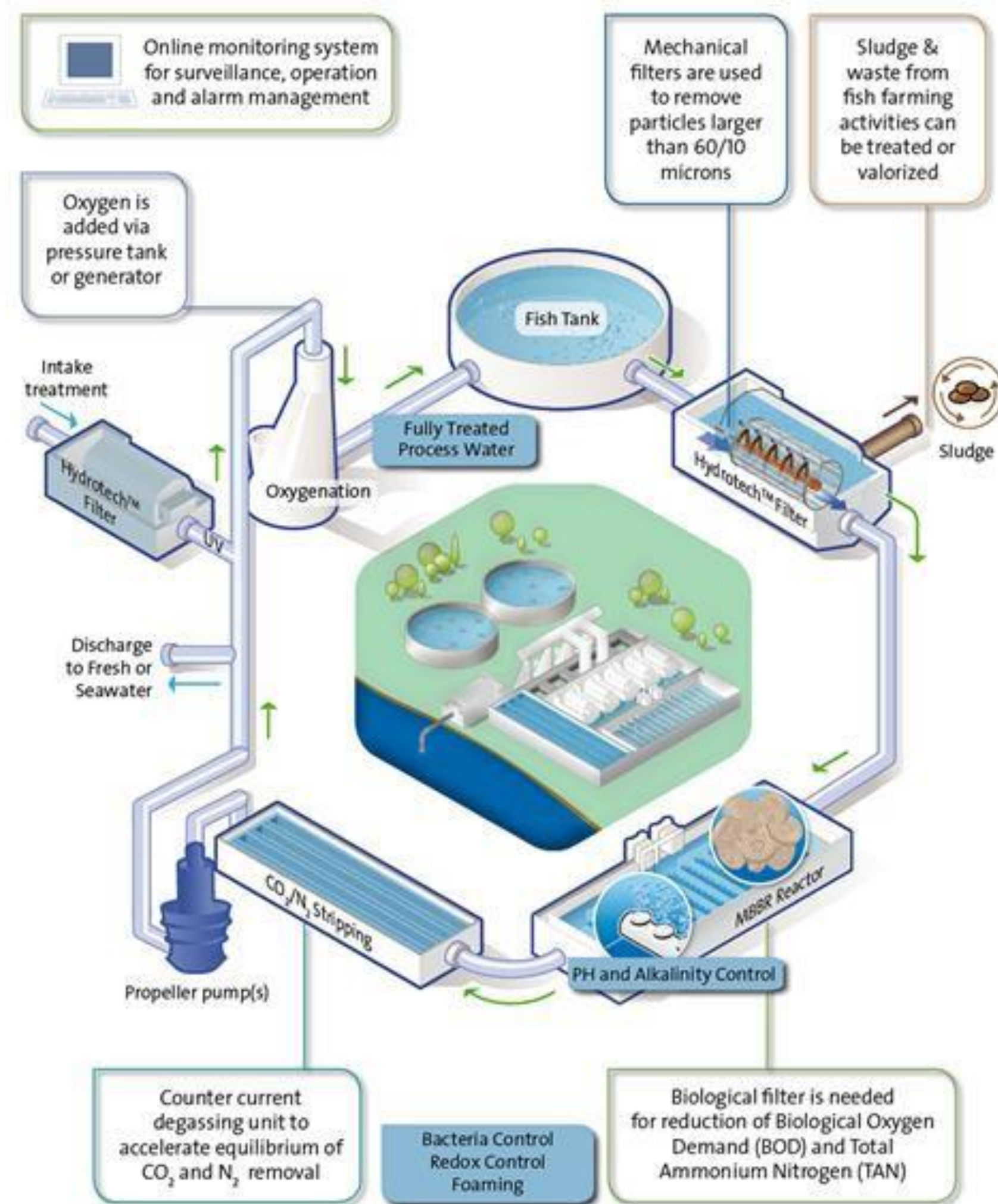
2. Teknologi Pengeluaran Transformasi (1)

Akuakultur Multi-Trofik Bersepadu (IMTA):

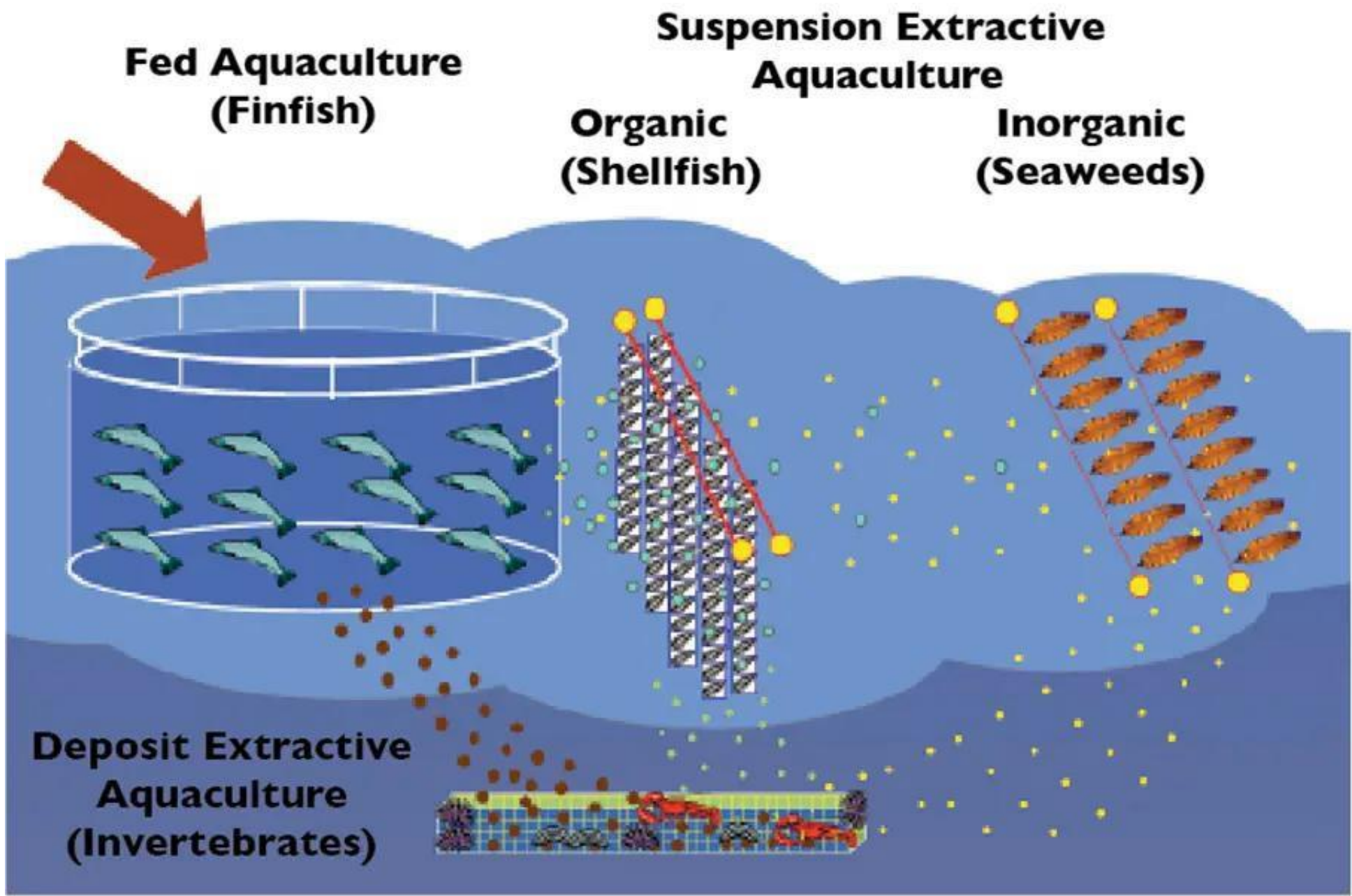
- Menggabungkan ikan dengan rumpai laut/moluska untuk mengitar semula nutrien. Sistem salmon-kupang Kanada mengurangkan sisa sebanyak 50% dan meningkatkan keuntungan sebanyak 15 -20% melalui pengukuhan produk sampingan [5].

Layari:

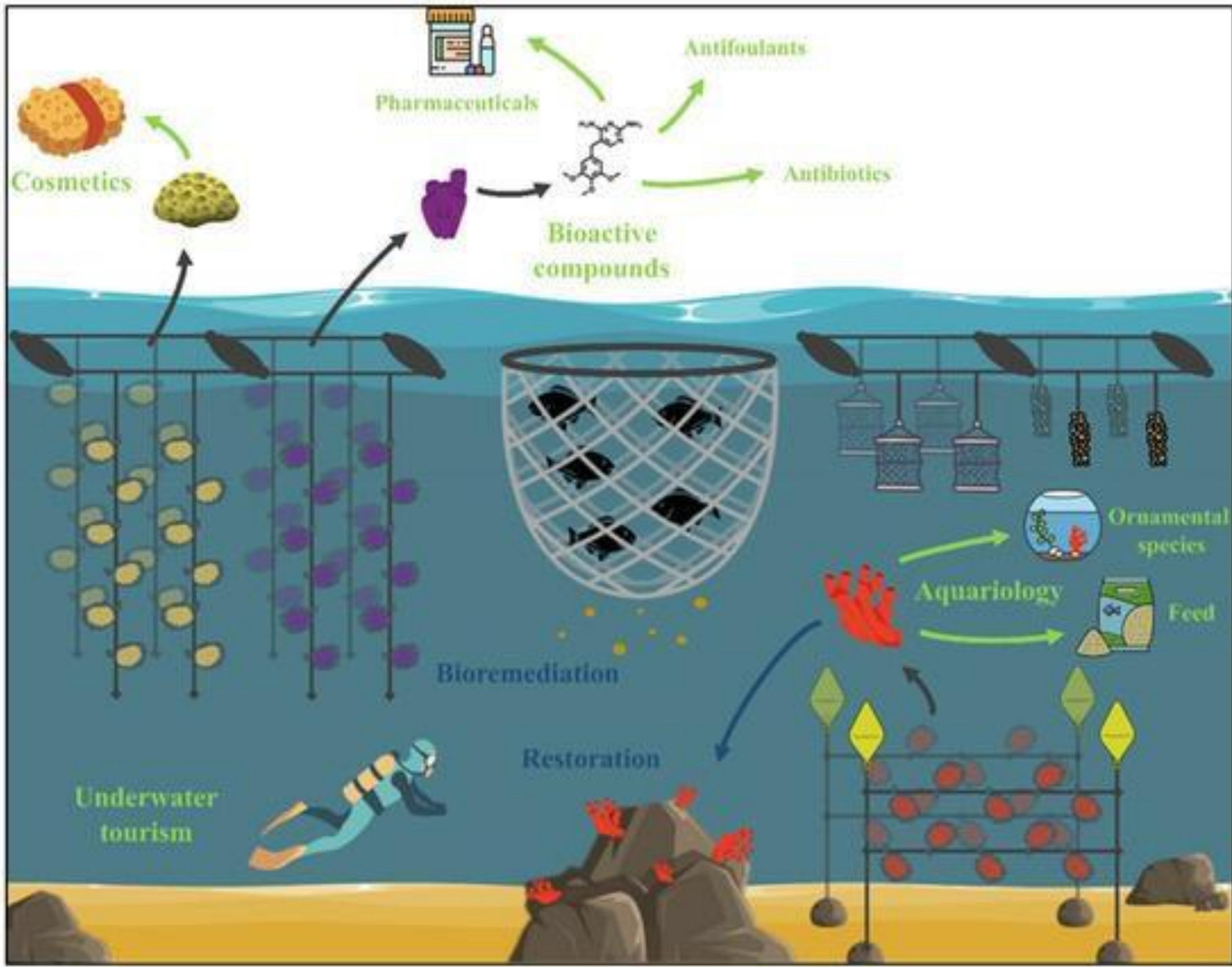
- <https://www.youtube.com/watch?v=Oo1V62fIGIM>



Akuakultur Bersepadu Multi-Trofik (IMTA) ialah amalan akuakultur lestari yang melibatkan penternakan pelbagai spesies akuatik daripada paras trofik yang berbeza bersama-sama. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan kecekapan, mengurangkan sisa dan menyediakan perkhidmatan ekosistem seperti biopemulihan. Pada dasarnya, IMTA menggunakan hasil sampingan satu spesies sebagai nutrien untuk yang lain, mewujudkan sistem yang lebih bulat dan mesra alam.



Gambar rajah operasi akuakultur multi-trofik bersepadu menggambarkan gabungan aras trofik yang berkongsi persekitaran dan memanfaatkan nutrien organik dan bukan organik yang disediakan oleh pelbagai organisma (globalseafood.org)



Span sebagai hasil sampingan sistem IMTA. Faedah alam sekitar dan ekonomi masing-masing diwakili dalam warna biru dan hijau. (Aguilo-Arce et al., 2023)

4 . Pemantauan Tepat dan Kecerdasan Buatan (AI) (1)

Penderia IoT dan Analitis Masa Nyata :

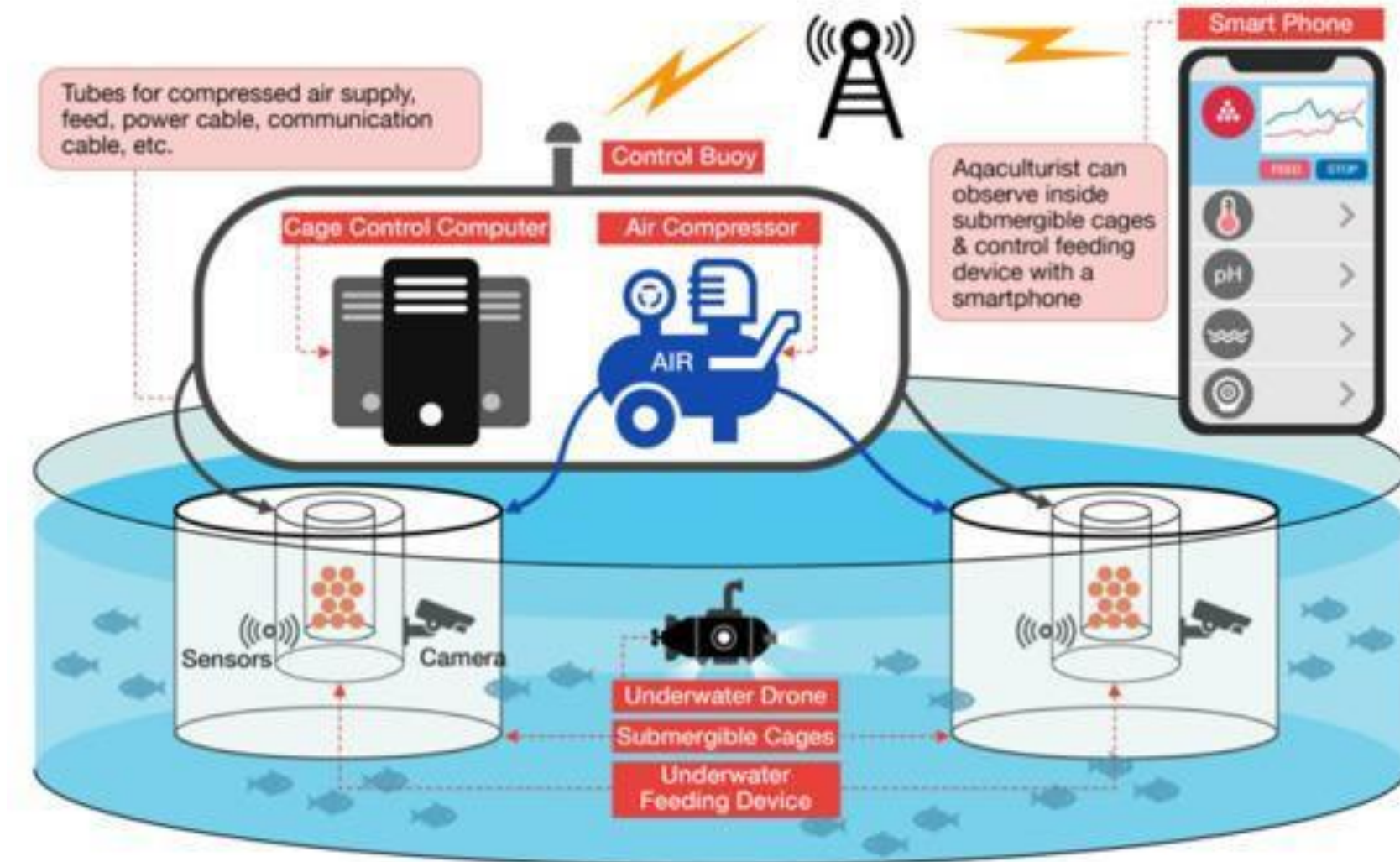
- Pantau kualiti air, tingkah laku ikan dan penyakit wabak. AI Aquabyte mengoptimumkan pemakanan, mengurangkan kos sebanyak 15-20% [5].

Kebolehhesanan Blockchain :

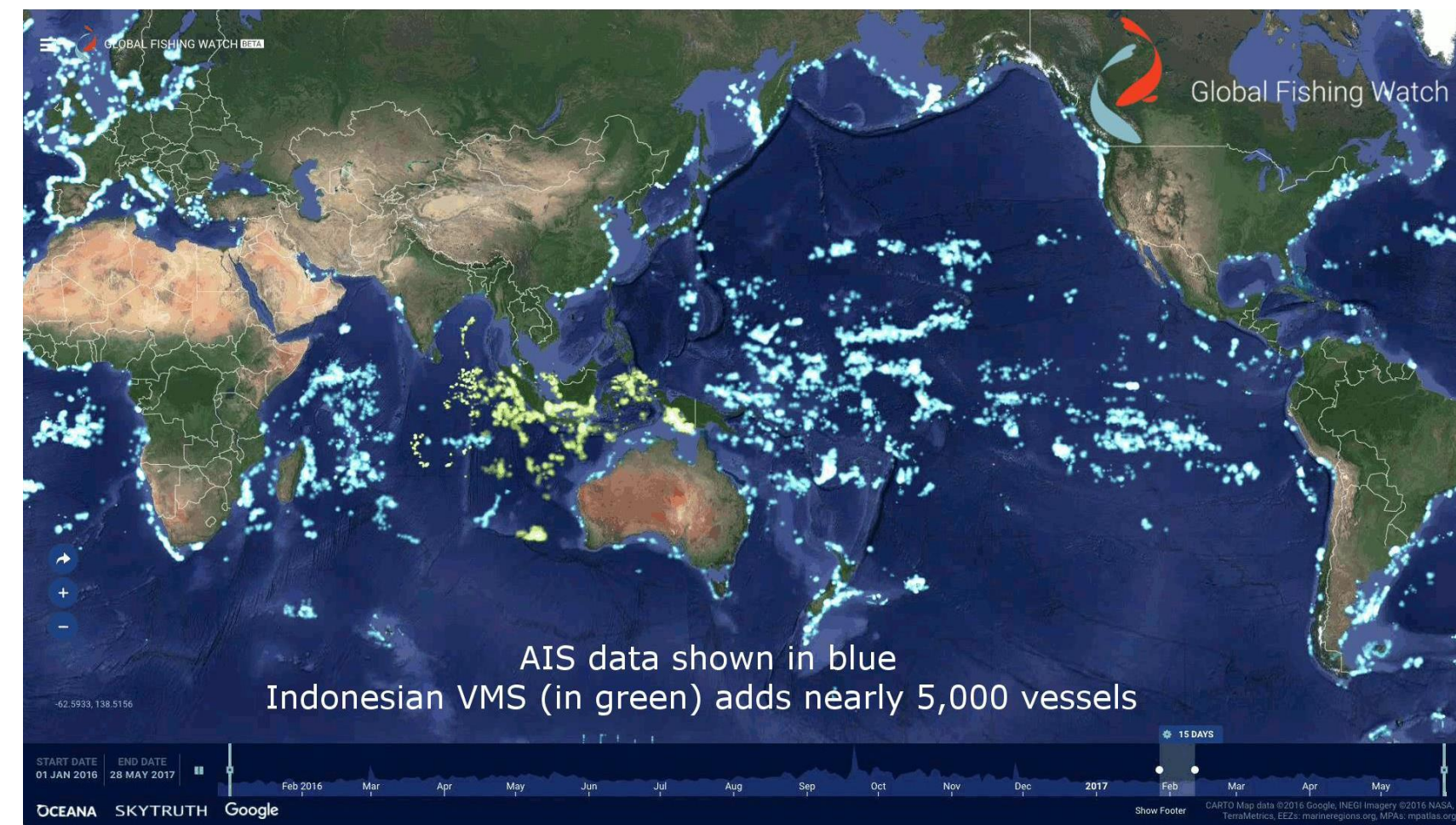
- Platform seperti IBM Food Trust memerangi penangkapan ikan haram dengan menjejaki tuna daripada tangkapan kepada pengguna, memastikan penyumberan beretika [7].

Pengawasan Satelit :

- Global Fishing Watch mengesan penangkapan ikan IUU di kawasan panas seperti Laut Arafura Indonesia, membantu penguatkuasaan [1].



Gambar rajah konsep akuakultur pintar sistem (Vo et al., 2021)



5 . Dasar, Ekuiti, dan Pengurusan Ekosistem⁽¹⁾

Pengurusan Bersama Diterajui Komuniti :

- Kawasan Perlindungan Marin (MPA) dan tidak boleh diambil zon (cth., Pulau Apo Filipina) meningkatkan ikan biojisim sebanyak 200% melalui pengawasan tempatan [8].

Aspek Utama Pengurusan Bersama Diterajui Komuniti di Apo Pulau :

- **Pengurusan Kolaborasi:** kerjasama antara masyarakat setempat dan kerajaan
- **Penyertaan Komuniti:** Ahli komuniti terlibat secara aktif dalam proses membuat keputusan
- **Pemeriksaan:** Penduduk tempatan diberi kuasa untuk memainkan peranan penting dalam menguruskan sumber marin mereka.
- **Kejayaan dalam Memulihkan Faedah Ekonomi Ekosistem :** Pemulihan sumber marin telah menyebabkan peningkatan tangkapan ikan untuk nelayan tempatan dan juga telah meningkatkan pelancongan.
- **Beralih daripada Pengurusan Berpusat:** Kepentingan penyertaan masyarakat dalam memastikan jangka masa panjang kelestarian sumber marin.



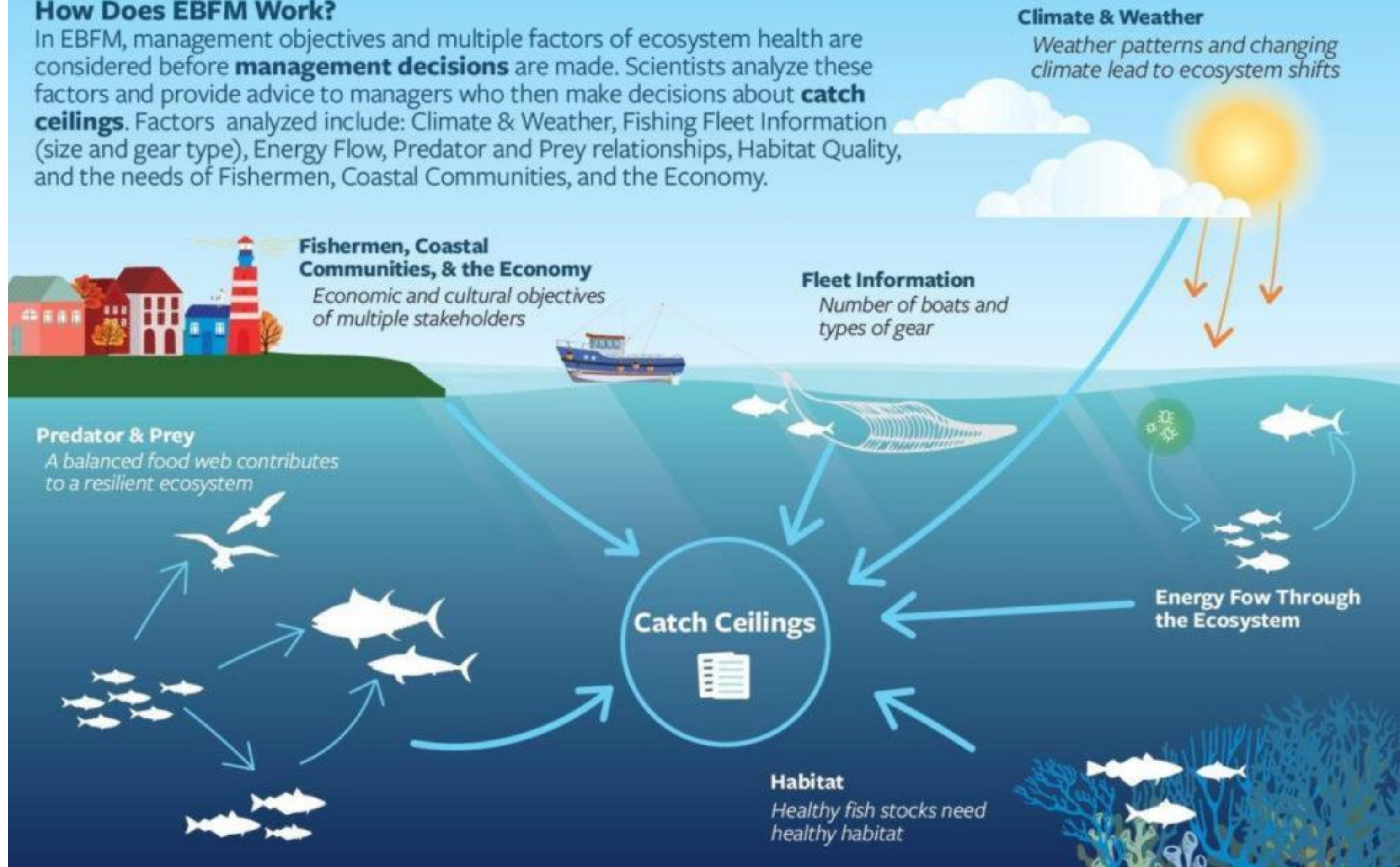
Menjual baju raya di Pulau Apo. Rizab Apo no-take telah menjana pendapatan yang besar daripada pelancongan untuk masyarakat tempatan. Foto: J. Maypa. Photo 2. Sekumpulan besar ikan kakap tropika (keluarga Lutjanidae) di rizab marin yang tidak boleh diambil Filipina.

Foto: B. Stockwell. Foto3. Anyaman bakul untuk dijual di Pulau Selinog. Kebanyakan program pemuliharaan marin dan pengurusan perikanan di peringkat komuniti dan kerajaan tempatan kini merangkumi penjaan mata pencarian alternatif. Foto: J. Maypa. Foto 4. Pertemuan masyarakat setempat dengan pekerja sosial di Pulau Mantigue (luar Pulau Camiguin), selatan Filipina. Photo: J. Maypa.



How Does EBFM Work?

In EBFM, management objectives and multiple factors of ecosystem health are considered before **management decisions** are made. Scientists analyze these factors and provide advice to managers who then make decisions about **catch ceilings**. Factors analyzed include: Climate & Weather, Fishing Fleet Information (size and gear type), Energy Flow, Predator and Prey relationships, Habitat Quality, and the needs of Fishermen, Coastal Communities, and the Economy.



5 .Dasar, Ekuiti dan Pengurusan Ekosistem(2)

Program Inklusif Jantina:

Koperasi rumpai laut yang diterajui wanita di UtaraSulawesi meningkatkan pendapatan sebanyak 40% sambil memulihkan ekosistem [8]:

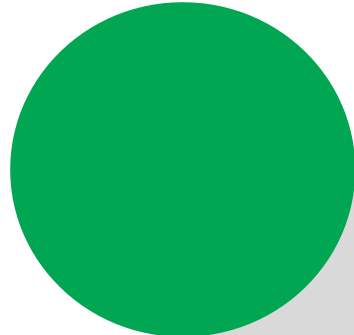
- Indonesia adalah peranan utama dalam industry rumpai laut global, mengeluarkan dan mengeksport kedua-dua produk rumpai laut mentah dan diproses.
- Di Indonesia, rumpai laut adalah makanan laut terbesar komoditi mengikut jumlah - 11.3 juta tan pada 2019- tetapi pulangan ekonomi adalah rendah
- Penternakan rumpai laut boleh, tetapi tidak selalu, mengangkat kawasan luar bandar isi rumah di atas garis kemiskinan Indonesia
- Selain faedah kewangan langsung, rumpai laut pertanian juga menyumbang kepada modal insan dan sosial dalam isi rumah dan komuniti penternakan rumpai laut.





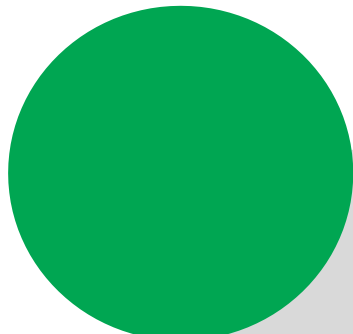
6. Arah Penyelidikan dan Pembangunan Masa Depan

“R&D bukan hanya tentang keuntungan; ia tentang pengurusan. Seterusnya kejayaan mesti berkhidmat kedua-duanya manusia dan planet ini” — FAO Blue Growth Initiative



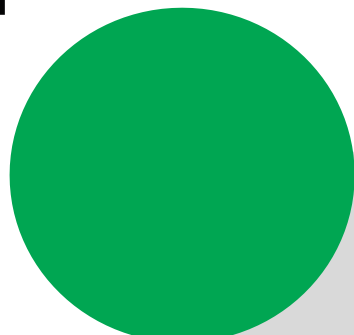
Integrasi Ekonomi Pekeliling

Skala akuaponik dan sistem "waste-to-protein" untuk sifar-akuakultur pelepasan



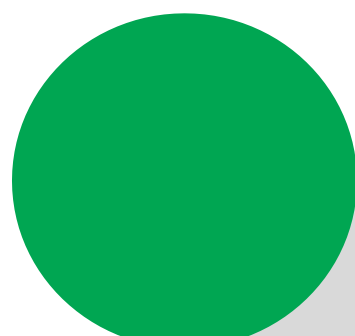
Peramalan Didorong Kerdasan Buatan (AI)

Analitik ramalan untuk wabak penyakit dan penilaian stok (cth., pembiakan spesies tahan iklim Malaysia)



Teknologi Demokrasi

RAS kos rendah dan alat berkuasa solar untuk skala kecil pengeluar, disokong oleh inisiatif seperti Pertumbuhan Biru FAO



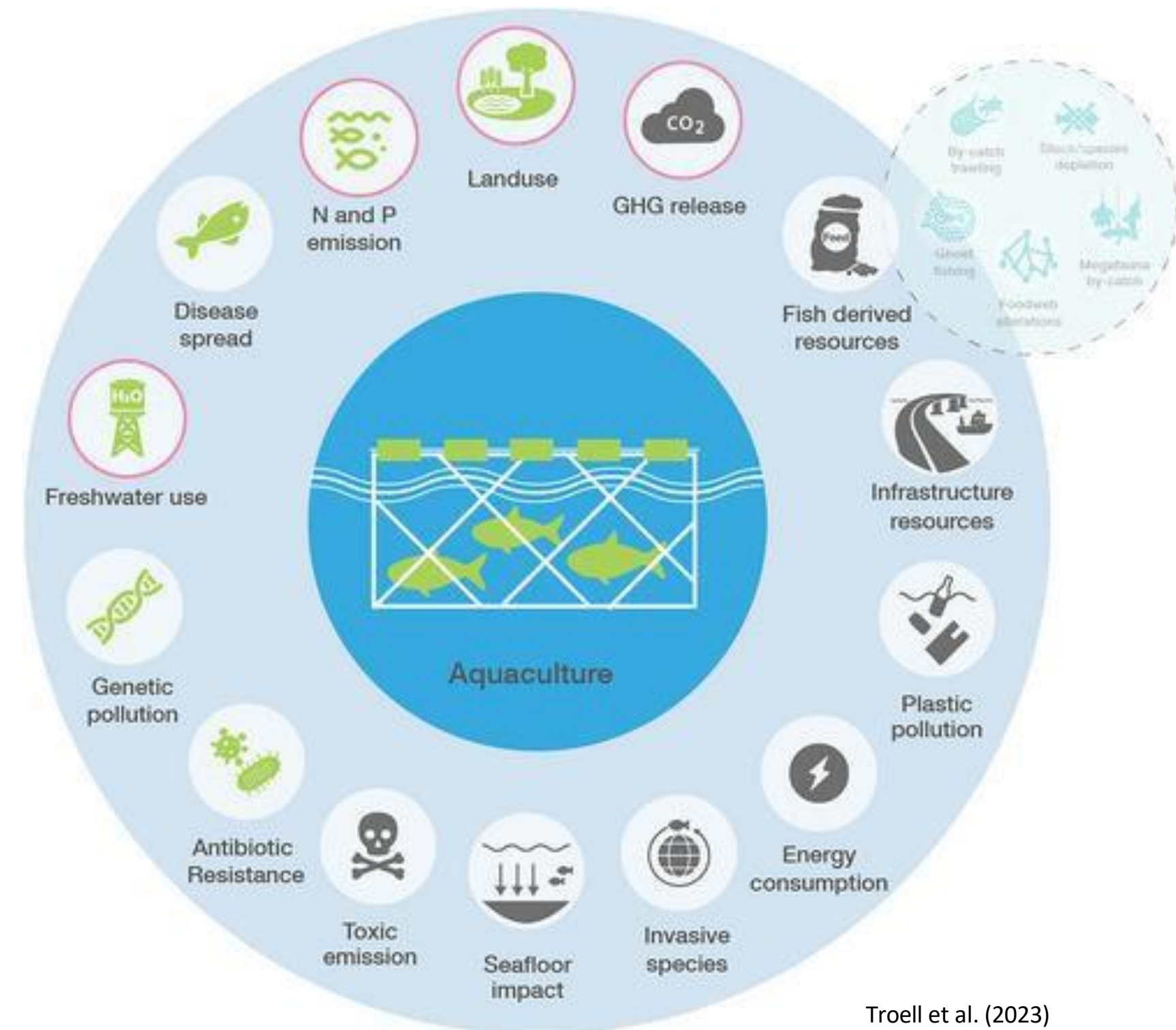
Kerjasama Rentas Sempadan

Perjanjian serantau (contohnya, MPA Mediterranean) untuk menyelaraskan dasar menentang penangkapan ikan IUU



Landskap R&D ini mengutamakan inovasi holistik—penggabungan teknologi, dasar dan ekuiti untuk mengatasi ekologi dan tekanan sosioekonomi. Keperluan utama termasuk pendemokrasian akses kepada alatan mampu milik, mengukuhkan kebolehsasaran dan membenamkan prinsip pekeliling. Dengan menangani perkara ini, akuakultur boleh memenuhi unjuran permintaan makanan laut 140M tan 2050 secara mampan sambil menjaga ekosistem marin.

Kesimpulan



Bacaan Lanjut

01

Fujii H, Sakakura Y, Hagiwara A, Bostock J, Soyano K, Matsushita Y. 2018. Research and development strategy for fishery technology innovation for sustainable fishery resource management in North-East Asia. *Sustainability* 10(1): 59.

02

Roy, S, et al., 2022. CRISPR/Cas Genome Editing—Can It Become a Game Changer in Future Fisheries Sector?. *Frontiers in Marine Science* 9: 924475.

03

Mohan, K, et al., 2022. Use of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) larvae meal in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry: A review of past and future needs. *Aquaculture* 533: 738095.

04

Dubó FAC. 2024. Innovations in Aquaculture: R&D Trends Driving Sustainable Practices. Available online at: <https://www.linkedin.com/pulse/innovations-aquaculture-rd-trends-driving-sustainable-cerda-dub%C3%B3-xudye/>

05

Joffre OM, Klerkx L, Dickson M, Verdegem M. 2017. How is innovation in aquaculture conceptualized and managed? A systematic literature review and reflection framework to inform analysis and action. *Aquaculture* 470: 129–148.



Bacaan Lanjut

06

Henriksson PJ G, et al. 2021. Interventions for improving the productivity and environmental performance of global aquaculture for future food security. *One Earth* 4(9): 1220–1232.

07

Obi C, Dompok EB, Manyise T, Tan SH, Woo SP, Rossignoli CM. 2025. Overview of the fishery and aquaculture sectors in Malaysia. *Front. Sustain. Food Syst.* 9: 1545263.

08

Alcala, AC, Russ GR. 2006. No-take Marine Reserves and Reef Fisheries Management in the Philippines: A New People Power Revolution. *Ambio* 35(5): 245–254.

Soetardjo S, Adhitya I. 2015. Sustainable aquaculture and resources enhancement in Indonesia. International Workshop on Resource Enhancement and Sustainable Aquaculture Practices in Southeast Asia 2014.

Vo, TTE, et al., 2021. Overview of Smart Aquaculture System: Focusing on Applications of Machine Learning and Computer Vision. *Electronics* 10(22): 2882.

Xia, FLW, et al., 2022. Turning waste into value: Extraction and effective valorization strategies of seafood by-products. *Waste Management Bulletin* 2: 84–100.



TERIMA KASIH

Farid K Muzaki / ITS

 +6281217762277

 faridmuzaki@gmail.com
rm_faridkm@bio.its.ac.id

