SustainaBlue

HEIs stands for Higher Education Institutions

Mengenalpasti Cabaran Utama Yang Dihadapi oleh Perikanan dan Akuakultur Lestari

Co-funded by the European Union

Funded by the European Union (EU). Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.

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

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

RAKAN PROJEK

Malaysia

Universiti Malaysia Terengganu UMT

Universiti Sains Malaysia

APEX

Persatuan Kemajuan Akuakultur Malaysia
Malaysia Aquaculture Development Association

Indonesia

Universitas Indonesia
Veritas, Probitas, Iustitia

ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Greece

Πανεπιστήμιο Αιγαίου
University of the Aegean

symplexis

AEGEAN rebreath

Cyprus

University of Cyprus
Oceanography Centre

Center for Social Innovation
www.csicy.com

Co-funded by the European Union

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

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Isi Kandungan

01 Tekanan Persekitaran

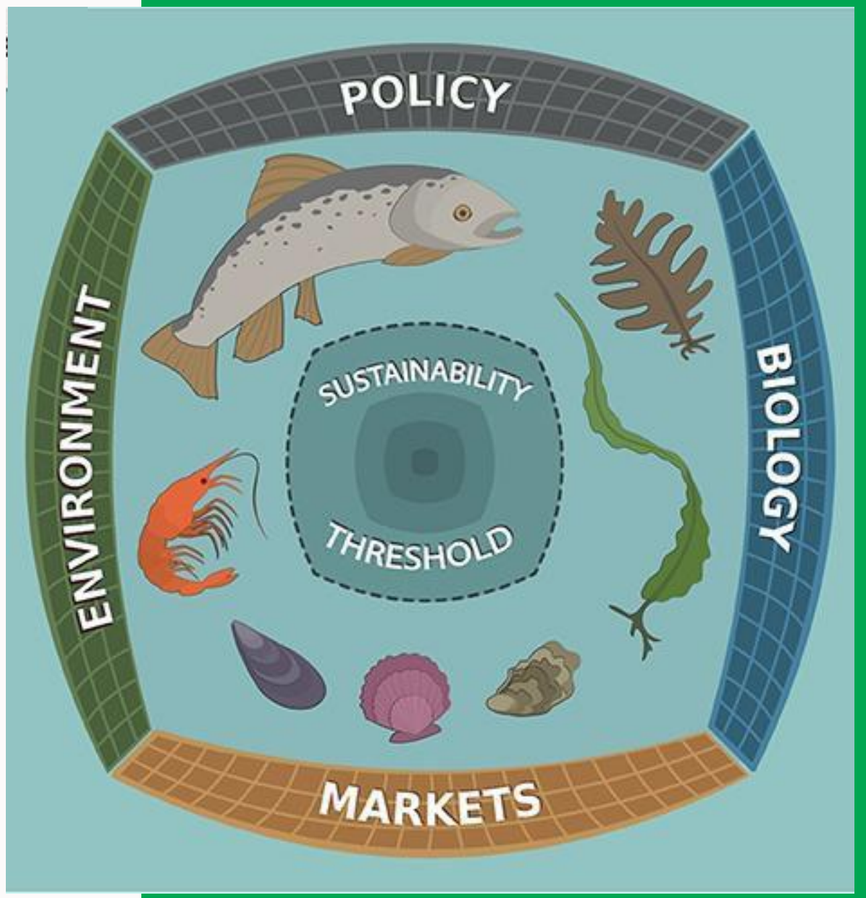
02 Pergantungan sumber & krisis makanan

03 Ketidakstabilan ekonomi & pasaran

04 Kebimbangan sosial & etika

05 Jurang tadbir urus & dasar

06 Kekurangan teknologi & inovasi



Broitman et al. (2017)

Co-funded by
the European Union

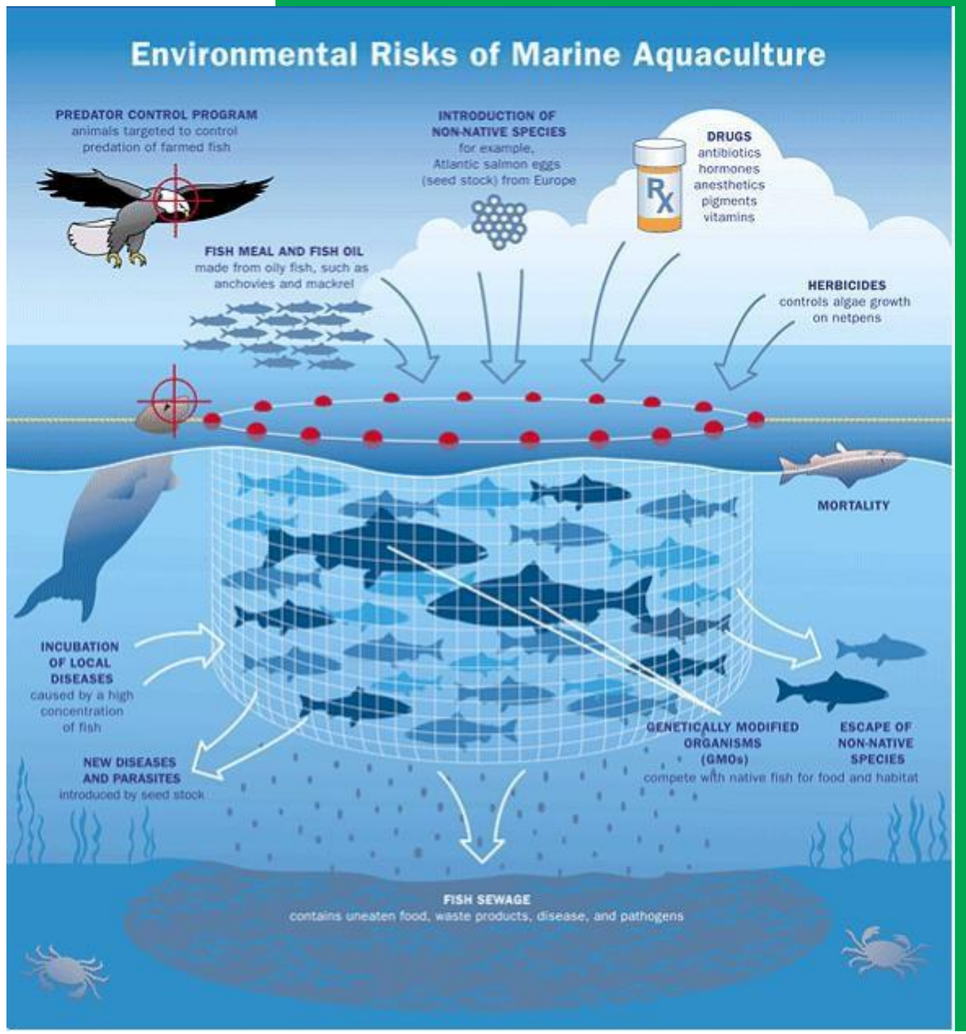
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

1. Tekanan Persekitaran

- Tekanan alam sekitar dalam perikanan dan akuakultur lestari merujuk kepada **luaran** dan **dalaman** cabaran alam sekitar yang memberi **kesan kepada kesihatan** ekosistem dan **daya maju** jangka panjang stok ikan dan **operasi akuakultur.**
- Cabaran alam sekitar yang dihadapi secara mampan perikanan dan akuakultur adalah **pelbagai rupa**, didorong oleh kedua-dua faktor **semula jadi** dan **antropogenik.**

Tekanan Utama:

1. Perubahan Iklim
2. Kemusnahan Habitat
3. Sumber Intensiti dan Pencemaran
4. Eksploitasi Sumber secara berlebihan
5. Spesies Invasif dan Penyakit
6. Kesan Genetik daripada Ikan Ternakan Yang Melarikan Diri



Beberapa contoh tentang risiko alam sekitar akuakultur marin kepada ekosistem
Hutchings et al. (2012) *in* Ruslan & Yusof (2021)

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Perubahan Iklim

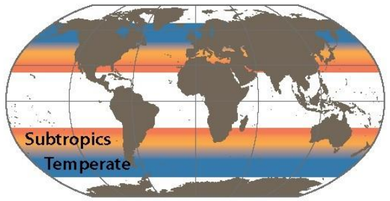
- **Pemanasan Lautan dan Pengasidan**: Peningkatan suhu laut dan lautan pengasidan mengganggu marin ekosistem, menjejaskan taburan spesies, pembiakan, dan kemandirian. Contohnya, batu karang terumbu karang, yang penting untuk tapak semaian, diancam oleh peristiwa pelunturan yang didakwa pada perairan yang memanas.
- **Migrasi Spesies**: banyak spesies marin sedang beralih poleward pada kadar ~44 batu setiap dekad, menjejaskan kestabilan perikanan tempatan dan mewujudkan konflik mengenai akses sumber.
- **Kejadian Cuaca Melampau**: Siklon, banjir, dan kemarau semakin mengancam infrastruktur akuakultur dan habitat liar, terutamanya di kawasan pantai [1].

Co-funded by the European Union

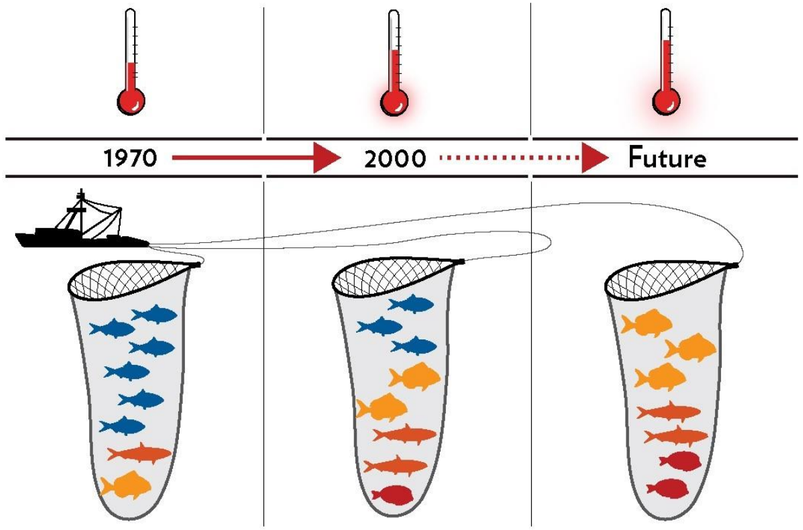
Warming Oceans Are Reshaping Fisheries

Marine species are gradually moving away from the equator into cooler waters, and, as a result, species from warmer waters are replacing those traditionally caught in many fisheries worldwide. Scientific studies show that this change is related to increasing ocean temperatures.

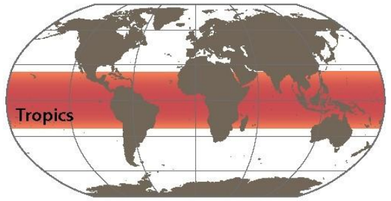
Subtropic and temperate ocean



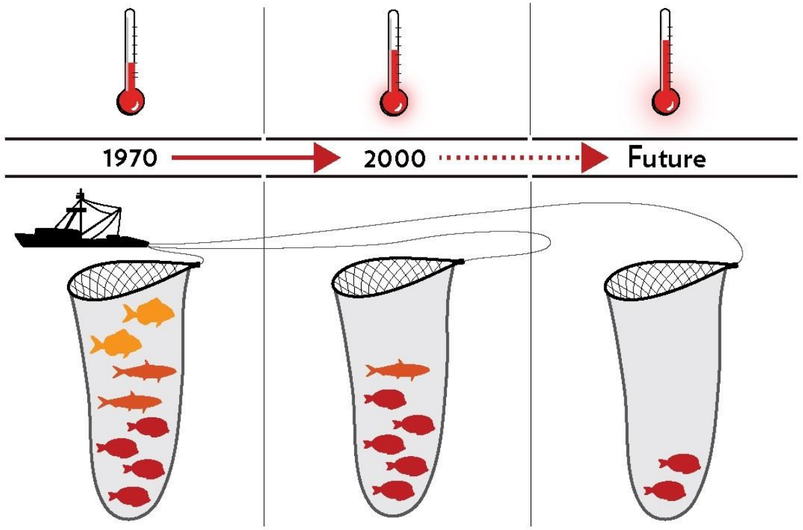
From 1970 to 2006, as open temperatures were rising, catch composition in the subtropic and temperate areas slowly changed to include more warm-water species and fewer cool-water species.



Tropics



In the tropics, the catch composition changed from 1970 to 1980 and then stabilized, likely because there are no species with high enough temperature preferences to replace those that declined.



Temperate/cool-water fish Subtropical fish Tropical/warm-water fish

These shifts could have negative effects including loss of traditional fisheries, decreases in profits and jobs, conflicts over new fisheries that emerge because of distribution shifts, food security concerns, and a large decrease in catch in the tropics.

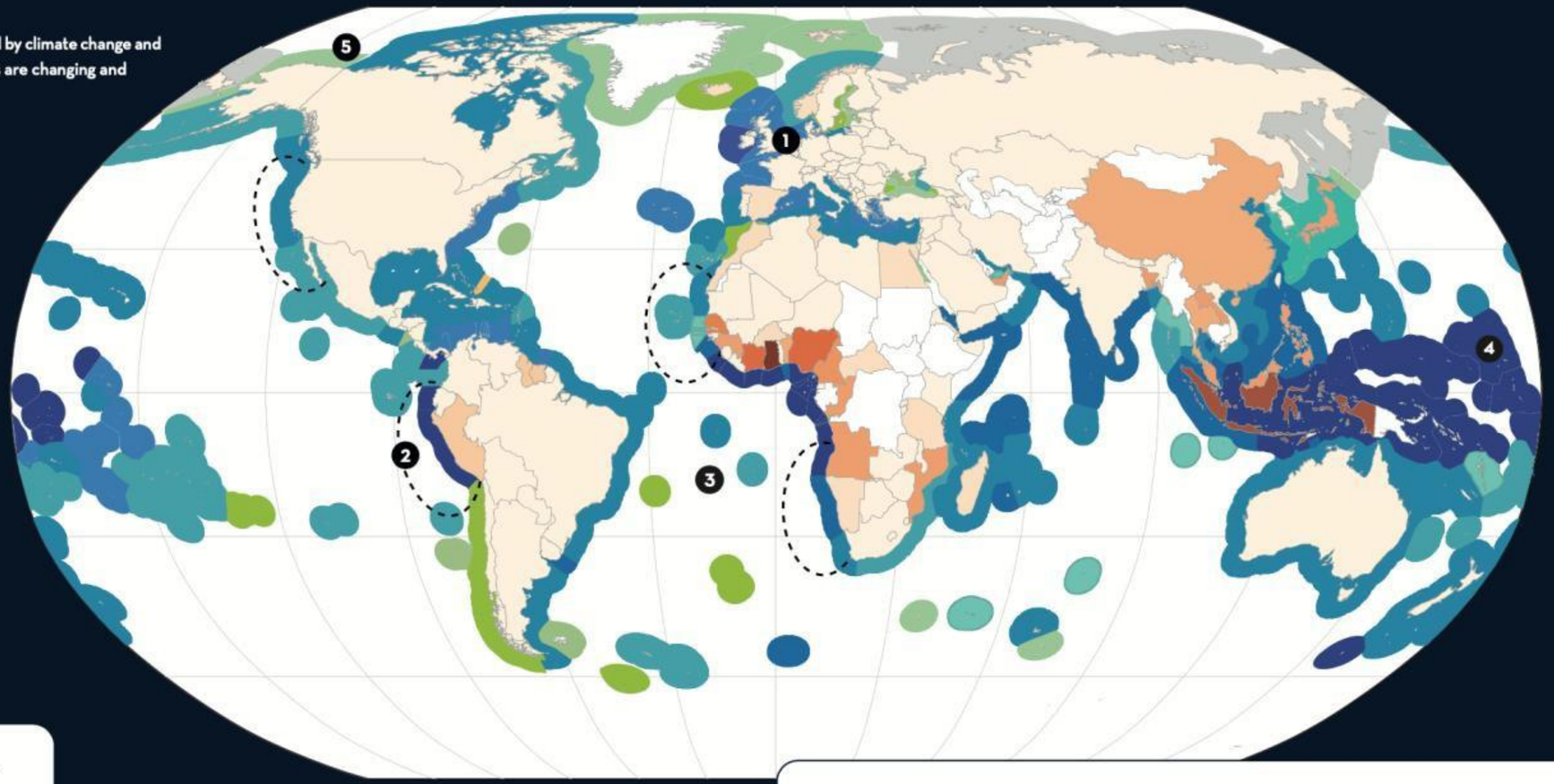
This graphic presents concepts from: Cheung, W.W.L., R. Watson and D. Pauly. 2013. Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*. DOI:10.1038/nature12156.
The thermometers are representative of trends in ocean temperature over time and the fish are representative of trends in catch composition over time. They do not represent specific values. Please consult the results section of Cheung *et al.* (2013) for exact data points.
Graphic by The Pew Charitable Trusts' ocean science division, www.pewenvironment.org/research-programs

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

OCP (2024)

THE COMBINED IMPACTS OF CLIMATE CHANGE AND FISHING AROUND THE WORLD

On a global scale the pressures exerted by climate change and fishing on biodiversity and ecosystems are changing and vary from one region to another.



Upwelling Zones

Change (in percentage) in fishery productivity within Exclusive Economic Zones by 2100 (RCP 8.5*)

-50 -30 -15 -10 -5 0 5 10 No data

*IPCC scenario where greenhouse gas concentrations continue to increase at current rates.

Current share (in percentage) of fish in animal-based diets

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

Climate change and fishing pressures on biodiversity and ecosystems vary across the world:

1. Semi-enclosed and continental seas host numerous human activities, whose impacts on resources are exacerbated by climate change.
2. Climate change alters currents and oxygen levels in coastal upwelling zones, affecting primary productivity and shrinking available habitats for species.
3. As coastal resources decrease, industrial high-seas fishing is expanding, targeting large predator and migratory species.
4. Rising temperatures in tropical areas are expected to lead to the largest global decline in fish catches. Small Island Developing States are particularly vulnerable, with fish resources accounting for 50% of their daily animal protein intake
5. Fishing activities are expanding towards the Arctic as glaciers are melting and the distribution range of species is shifting.

Infographics adapted from Figure 5.21 in Chapter 5 "Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities" of the IPCC SROCC (2019), and from the map "Dimensions of agriculture and marine fisheries vulnerability to climate change, B. Change in fisheries productivity by 2100 (exposure; RCP8.5)," from the paper "Escaping the perfect storm of simultaneous climate change impacts on agriculture and marine fisheries" (2019).

Co-funded by the European Union

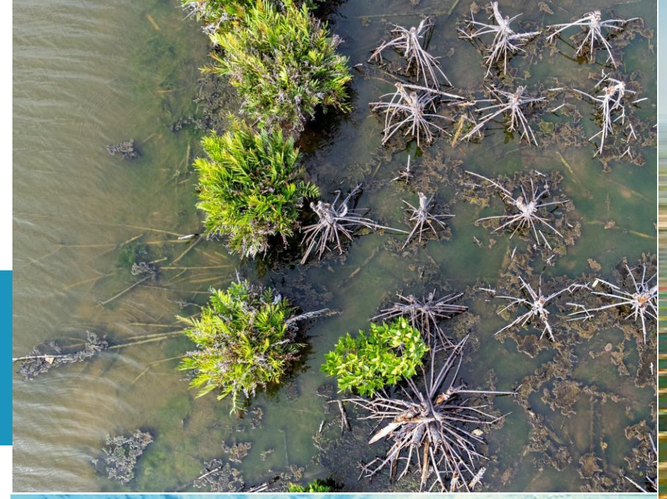
SustainaBlue

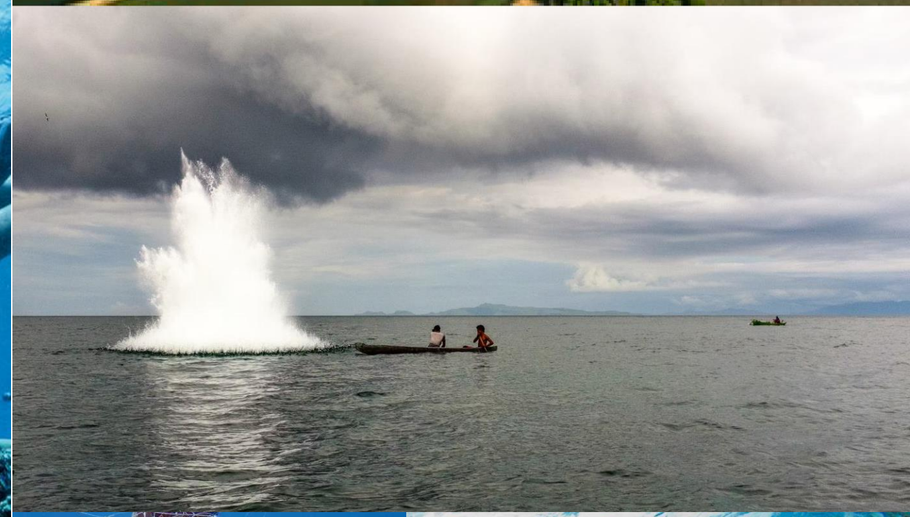
HEIs stands for Higher Education Institutions

b . Kemusnahan Habitat

- **Kemusnahan Bakau** : pengembangan akuakultur, terutamanya penternakan udang, secara sejarah telah menyebabkan kehilangan hutan bakau, iaitu kritikal untuk penyerapan karbon dan perlindungan pantai [2].

- **Amalan Memancing Memusnahkan** : Pukat tunda bawah dan bukan kerosakan gear terpilih ekosistem dasar laut, mengurangkan biodiversiti dan mengganggu siratan makanan.





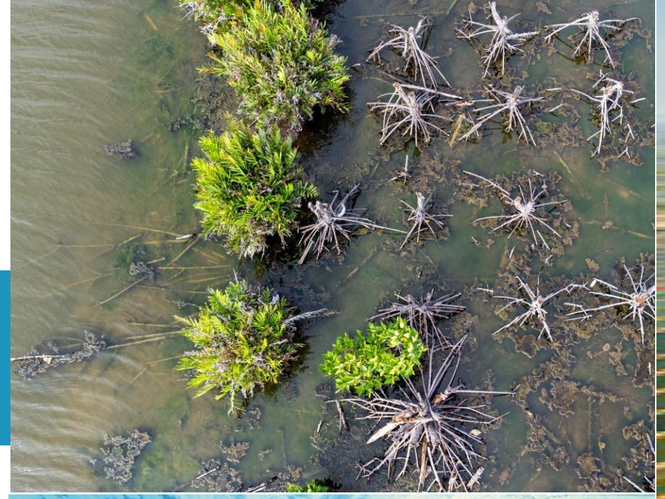
Co-funded by the European Union

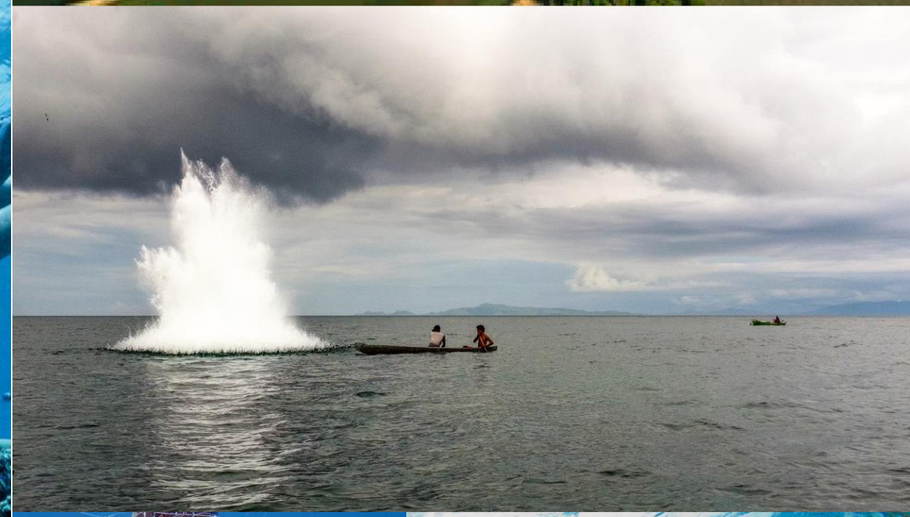
SustainaBlue

HEIs stands for Higher Education Institutions

b . Kemusnahan Habitat

- **Amalan Memancing Memusnahkan**: Memancing letupan, jaring hantu, racun (sianida) memancing ikan hiasan, dsb [3].

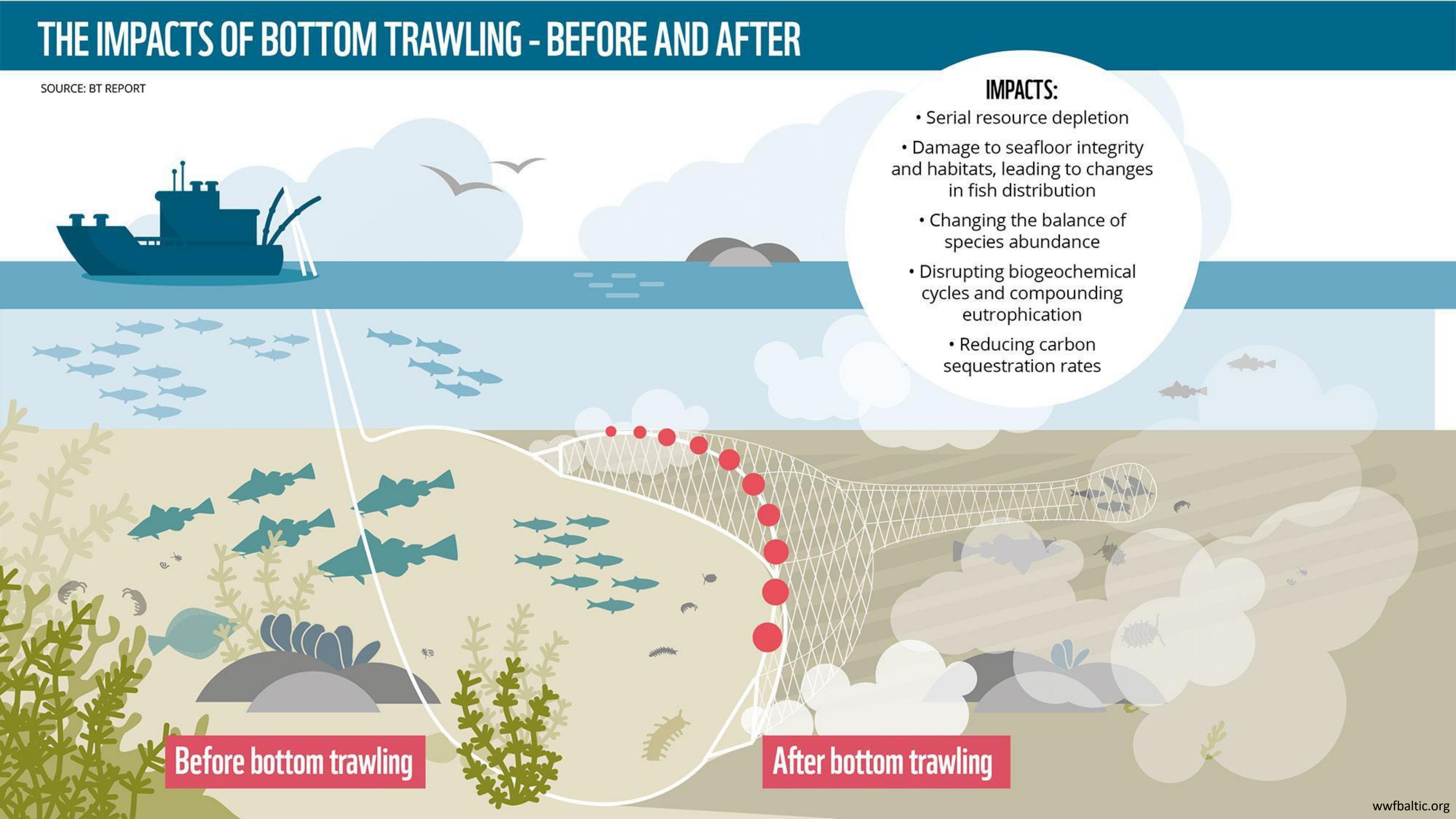




Co-funded by the European Union

THE IMPACTS OF BOTTOM TRAWLING - BEFORE AND AFTER

SOURCE: BT REPORT



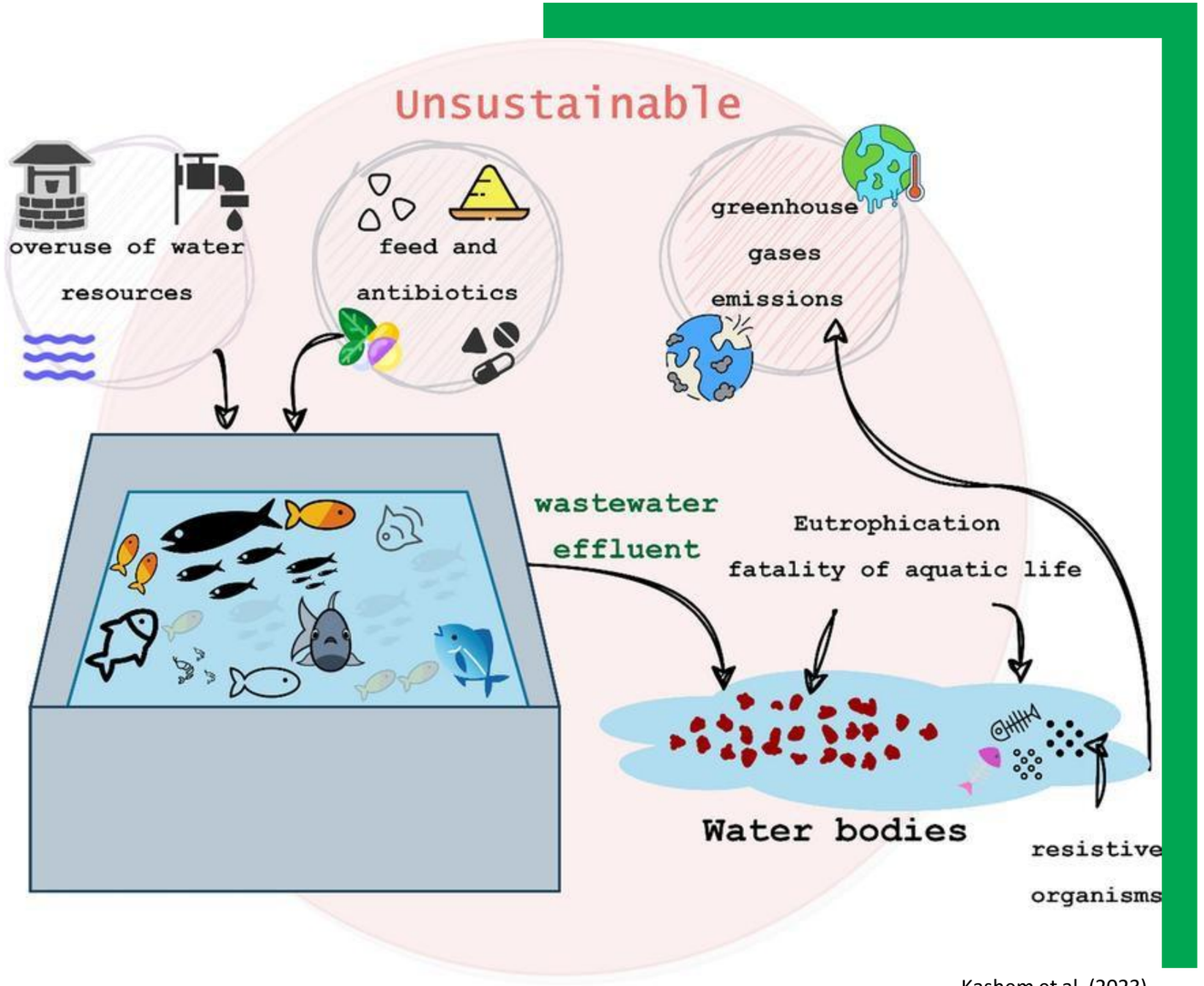
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c . Sumber Intensiti dan Pencemaran

- **Penggunaan Air dan Tenaga yang Tinggi** : Penggunaan sistem akuakultur intensif air tawar dan tenaga yang ketara, dengan penanaman tilapia di Mexico memerlukan 2 –4 kali lebih banyak air daripada ternakan pengeluaran [3].

- **Pelepasan Gas Rumah Hijau**: Akuakultur menyumbang kepada perubahan iklim melalui pengeluaran makanan, penggunaan tenaga, dan pelepasan metana daripada sistem kolam [1].

Larian nutrien dari ladang ikan menyebabkan alga mekar, dan antibiotik menggunakan risiko mewujudkan patogen tahan dadah [3].



Kashem et al. (2023)

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

d . Eksploitasi Sumber Berlebihan

- **Ikan Liar untuk Makanan** : karnivor spesies akuakultur (cth., salmon) bergantung pada tepung ikan dan minyak ikan yang diperoleh daripada ikan ternakan liar yang ditangkap,memburukkan lagi tekanan ke atas stok yang sudah susut [4].

- **Penangkapan Ikan Berlebihan**: Kira-kira 44% daripada stok ikan global dieksploitasi sepenuhnya, dan 16% ditangkap secara berlebihan, membawa kepada mengurangkan hasil dan kehilangan biodiversiti [5].

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e . Spesies Invasif dan Penyakit

- **Penyebaran Patogen**: Operasi akuakultur boleh memperkenalkan spesies dan patogen bukan asli, mengganggu ekosistem tempatan [1].
- Sebagai contoh, ternakan udang telah dikaitkan dengan virus wabak yang menjejaskan populasi liar.
- Contohnya, pengenalan trout Rainbow dari Denmark ke Iceland pada tahun 1950 menyebabkan pemangsaan dan persaingan oleh orang dewasa dengan spesies asli terutamanya trout coklat dan charr Artik, goreng dan parr.

Salmon infected by sea lice - courses.lsa.umich.edu

Rainbow trout - marine-freshwater.fandom.com/

Brown trout - en.wikipedia.org

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

f. Kesan genetik daripada ikan ternakan yang melarikan diri

Ikan ternakan melarikan diri, terutamanya dalam kawasan akuakultur berat, menimbulkan risiko genetik yang ketara kepada populasi liar melalui hibridisasi dan introgresi. Kesan-kesan ini didokumentasikan dengan baik dalam spesies seperti salmon Atlantik (Salmo salar), ikan siakap kepala gilthead (Sparus aurata), dan ikan siakap Eropah (Dicentrarchus labrax).

- Salmon ternakan di Norway, dipilih untuk pertumbuhan dan kematangan tertunda, berhibrid dengan populasi liar, yang membawa kepada zuriat yang matang lebih awal dan berhijrah ke laut lebih cepat. Ini mengganggu penyesuaian tempatan, kerana salmon liar ditala dengan baik kepada keadaan persekitaran sungai kelahiran mereka.

- Anak hibrid mempamerkan kadar kemandirian yang lebih rendah. Di Norway, introgressed salmon parr (juvana) menunjukkan kemandirian 49 -70% lebih rendah berbanding rakan liar, didorong oleh ciri-ciri maladaptif seperti mengurangkan pengelakan pemangsa dan anjakan kompetitif [6].

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

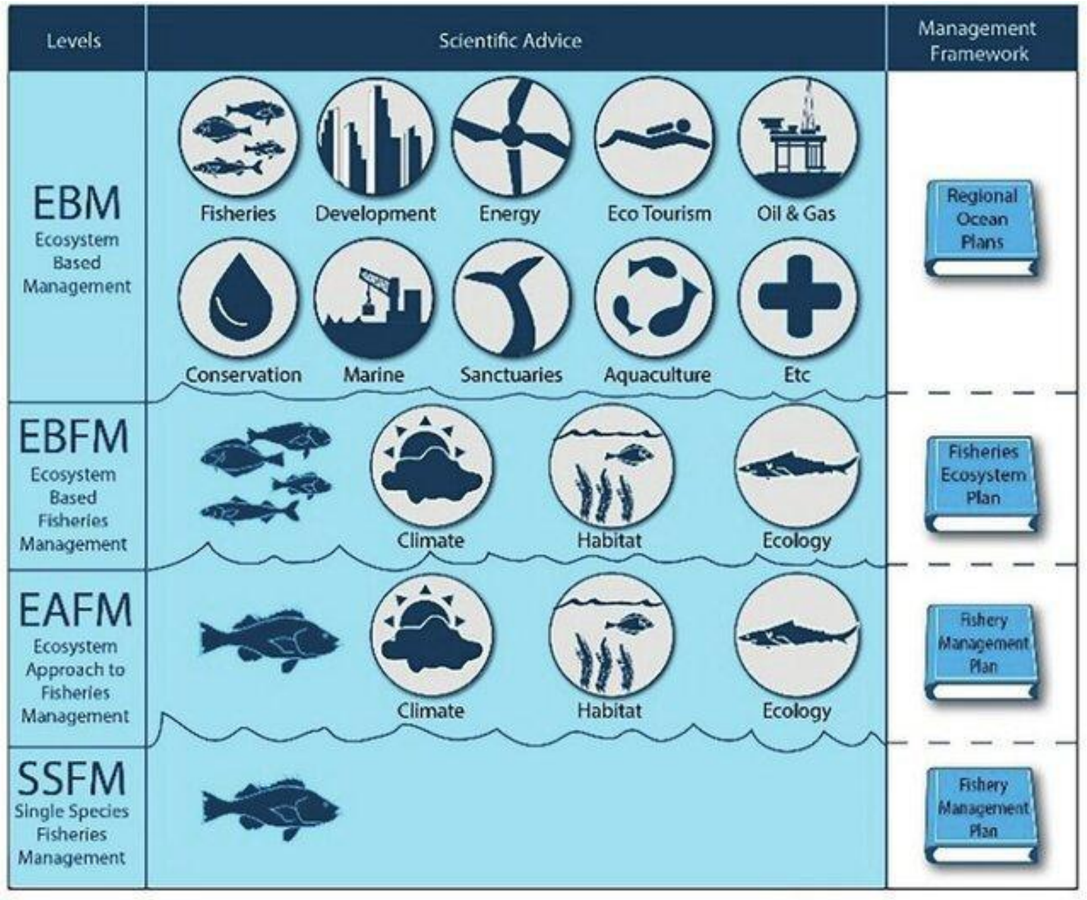
Sorotan Strategi Mitigasi

a. **Pengurusan Berasaskan Ekosistem** : Memperluaskan kawasan perlindungan marin, menggunakan peralatan menangkap ikan terpilih, dan mempromosikan akuakultur multi-trofik bersepadu (IMTA) untuk mengurangkan sisa dan pencemaran.

b. **Makanan Innovatif**: Beralih kepada sumber protein alternatif (cth., makanan serangga, alga) untuk mengurangkan pergantungan pada ikan liar.

c. **Adaptasi Iklim**: Melaksanakan sistem akuakultur peredaran semula (RAS) dan menambah baik pemantauan untuk menangani peralihan

d.



Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

2. Sumber Pergantungan & Krisis Makanan

Pengembangan global akuakultur telah dipergiatkan pergantungan pada alam semula jadi yang terbatas sumber, terutamanya untuk pengeluaran makanan, mewujudkan sistemik risiko bagi kedua-dua ekosistem marin dan sistem air tawar.

- Terlalu bergantung pada Ikan yang Ditangkap Liar untuk Suapan
- Pertukaran Alam Sekitar bagi suapan alternatif
- Tekanan Ekonomi dan Kawal Selia
- Penyelesaian Inovatif untuk Mengurangkan pergantungan
- Implikasi kawalan makanan dan sosioekonomi

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Kebergantungan Tinggi terhadap Ikan Tangkap Liar bagi Pemberian Makanan

a. **Kebergantungan Tepung Ikan dan Minyak Ikan** : Suapan akuakultur untuk spesies karnivor (cth., salmon, udang) mengikut sejarah bergantung kepada **tepung ikan** (FM) dan **minyak ikan** (FO) yang diperoleh daripada ikan ternakan liar seperti ikan bilis dan herring. Walaupun penggunaan FM/FO telah menurun (cth., diet salmon mengurangkan FM daripada 70% dalam 1980-an hingga 25% pada 2017), bahan-bahan ini kekal **kritikal** untuk **asid lemak omega-3** dan **keseimbangan protein** [7].

b. **Kebimbangan Kelestarian**: Lebih **60% daripada stok ikan global** adalah **dieksploitasi sepenuhnya** atau terlalu banyak menangkap ikan, dan **permintaan** akuakultur untuk FM/FO **memburukkan lagi tekanan** ke atas perikanan pelagik. Sebagai contoh, 70% pengeluaran FM/FO berasal daripada ikan ternakan liar yang ditangkap,menimbulkan kebimbangan tentang kestabilan ekosistem dan keselamatan makanan bagi komuniti yang bergantung kepada spesies ini

c. **Ikan Masuk: Nisbah Ikan Keluar (FIFO).** : Walaupun akuakultur global kini merupakan pengeluar ikan bersih (3-4× lebih banyak biojisim ikan dihasilkan daripada dimakan), spesies seperti salmon masih memerlukan input minyak ikan yang tinggi. Kaedah peruntukan ekonomi (eFIFO) menyerlahkan bahawa minyak ikan kekurangan mendorong nisbah pergantungan yang lebih tinggi, merumitkan tuntutan kemampanan[8].

Co-funded by the European Union

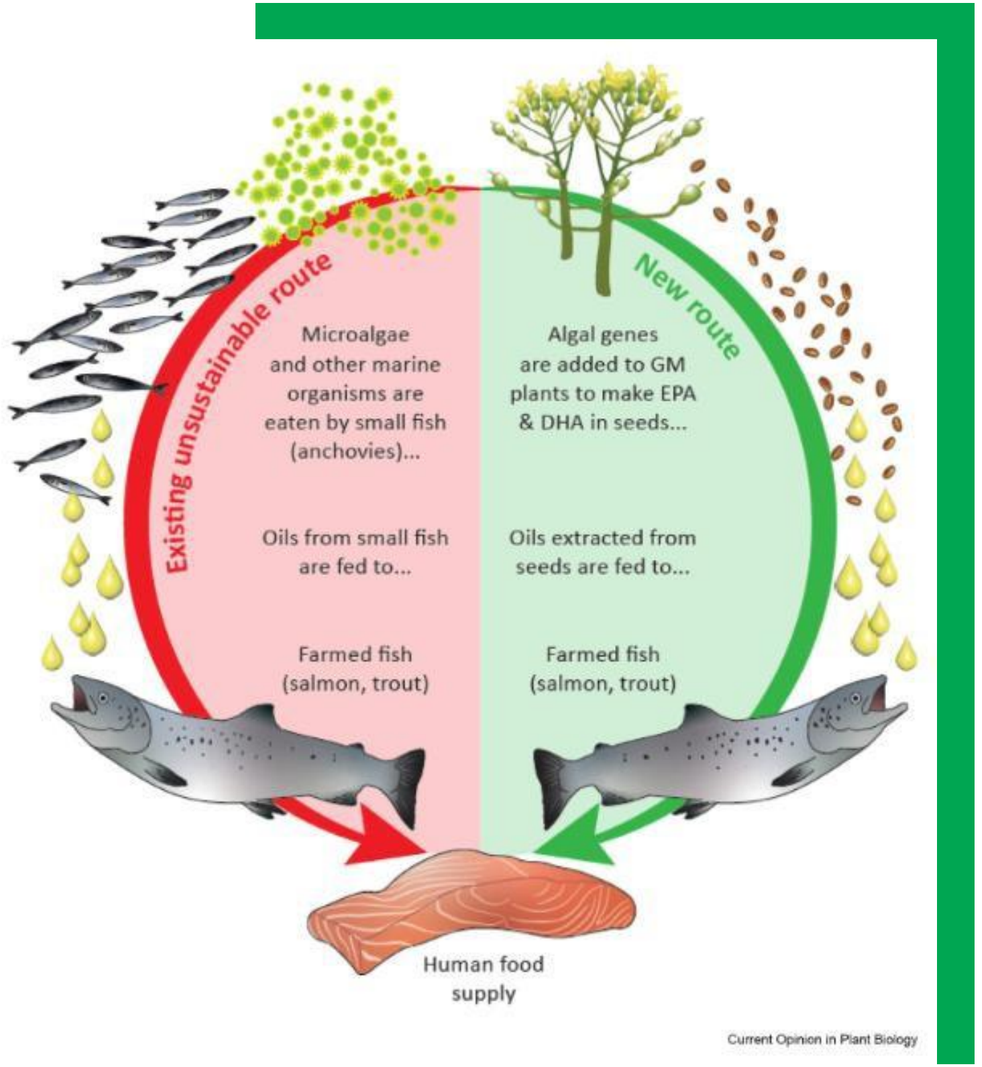
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

b . Pertukaran Alam Sekitar bagi Suapan Alternatif

- **Pengganti Tanaman Terestrial**: Menggantikan FM/FO dengan bahan berasaskan tumbuhan (cth., soya, jagung) mengurangkan tekanan sumber marin tetapi meningkatkan penggunaan air tawar dan pencemaran. Sebagai contoh, alternatif darat meningkatkan jejak air akuakultur sebanyak 1,629 m^3/t (air hijau) dan 179 m^3/t (air biru), meneran sumber air tawar [9].

- **Penebangan hutan dan Guna Tanah** : Pengeluaran soya untuk makanan akua menyumbang kepada penebangan hutan, terutamanya di Amazon, dan bersaing dengan tanaman makanan. Piawaian suapan diperakui ASC kini memerlukan kebolehkesanan untuk memastikan tiada penukaran tanah secara haram, tetapi penguatkuasaan tetap mencabar [10].

- **Jejak Karbon**: Karbon salmon yang diternak jejak (5.1 kg CO_2e/kg) sedikit melebihi salmon yang ditangkap liar (4.9 kg CO_2e/kg), sebahagian besarnya disebabkan oleh kesan pengeluaran makanan berasaskan tumbuhan [10].



Napier & Betancor (2023)

Co-funded by the European Union

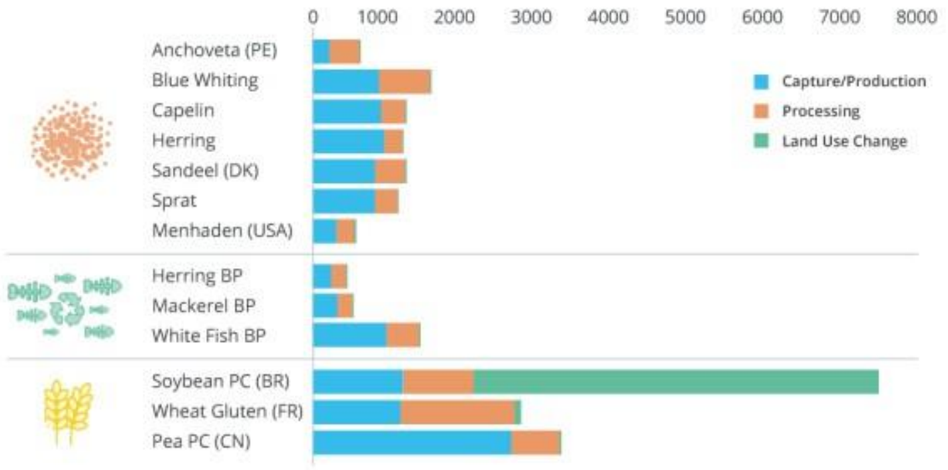
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c. Ekonomi dan Kawalan Selia

a. **Peruntukan Sumber Didorong Pasaran** : Kenaikan harga FM/FO (disebabkan bekalan terhad dan permintaan tinggi) memberi insentif alternative bahan-bahan. Walau bagaimanapun, kos tetap menjadi penghalang; makan serangga, sebagai contoh, berharga 2-3× lebih daripada FM.

b. **Standard Pensijilan**: Standard Suapan ASC mandat sumber bertanggungjawab semua bahan, termasuk marin (melalui Nisbah Ketergantungan Ikan Forage, FFDR) dan daratan komponen. Pengiraan FFDR tidak termasuk produk sampingan untuk memberi tumpuan kepada kesan perikanan liar langsung, menggalakkan ketelusan.

c. **Dasar Jurang**: Peraturan yang lemah di negara membangun membenarkan amalan yang tidak mampan, seperti bakau yang tidak dipantau penukaran untuk ternakan udang atau pengembangan tanaman makanan ternakan tidak terkawal [11].



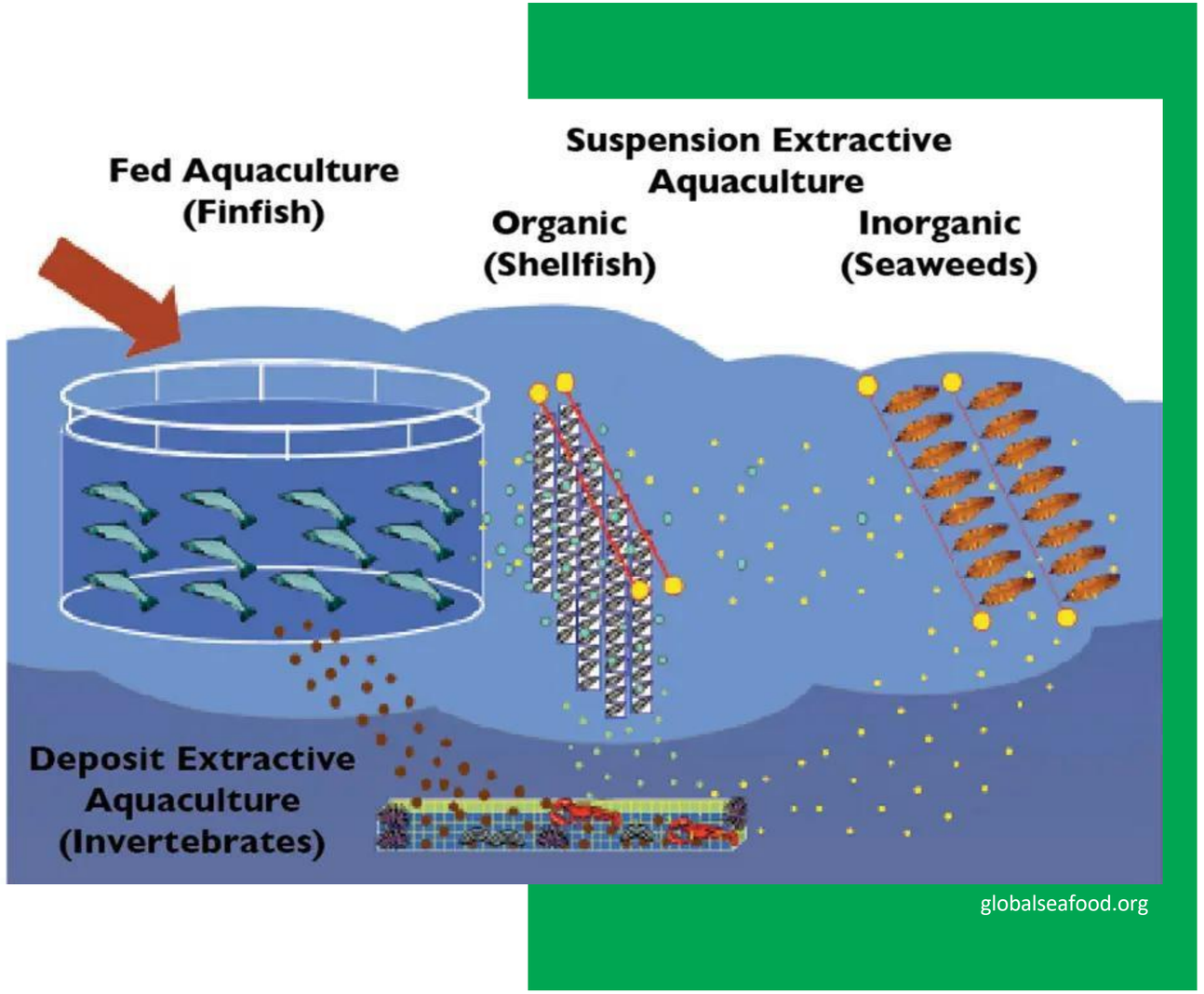
Source: based on data provided by Dr Richard Newton. University of Stirling, UK

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

d. Penyelesaian Inovatif untuk Mengurangkan Kebergantungan

- **Protein Serangga**: Larva Black Soldier Fly (BSF) menukarkan sisa organik menjadi makanan berprotein tinggi (50–80% kandungan protein). Kajian menunjukkan ikan yang diberi makan BSF mempamerkan pertumbuhan yang lebih baik dan imuniti, walaupun pengeluaran skala kekal sebagai halangan kerana kos yang tinggi (~€2,500–4,000/tan) [12].
- **Minyak Alga dan Mikrob**: alga– minyak terbitan mereplikasi minyak ikan omega–3 faedah tanpa input marin. Syarikat seperti Cargil dan Biomar menyepadukan ini ke dalam suapan, walaupun skalabiliti pengeluaran adalah terhad.
- **Sistem Peredaran**: Bilangan bersepadu akuakultur trofik (IMTA) menggunakan penyuap penapis (cth., kupang, rumpa laut) untuk mengitar semula sisa dari ladang ikan sirip,mengurangkan pencemaran nutrien dan meningkatkan kecekapan sumber [13].



Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e . Kesan Kawalan Makanan dan Sosioekonomi

a. **Persaingan Untuk Sumber**: Ikan pelagik kecil digunakan untuk FM/FO juga penting untuk kegunaan manusia secara langsung di kawasan seperti Afrika Barat. Permintaan akuakultur berisiko mengalihkan sumber ini,memburukkan lagi ketidakamanan makanan[10].

b. **Kelemahan Pekerjaan**: Lebih 36 juta orang bergantung kepada perikanan dan akuakultur untuk mata pencarian. Krisis makanan mengancam petani kecil yang kekurangan akses kepada alternatif yang mampan[11].

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Laluan ke Kelestarian

a. **Formulasi Makanan Berasaskan Ekosistem** : Utamakan bahan dengan air rendah dan jejak tanah, seperti alga atau makanan serangga,serta mengekalkan profil nutrien.

b. **Pengharmonian Dasar**: Menguatkuasakan piawaian global seperti metrik FFDR ASC dan memberi insentif kepada alternatif FM/FO melalui subsidi atau pelepasan cukai.

c. **Teknologi Pelaburan**: Penternakan serangga skala melalui model pengeluaran terpisah (memisahkan pembiakan dan pembesaran) dan berdekatan dengan aliran sisa untuk mengurangkan kos.

d. **Kesedaran Pengguna**: Mempromosikan makanan laut mampan yang diperakui untuk memacu permintaan pasaran untuk makanan bersumber secara bertanggungjawab.

Kesimpulan

Kebergantungan sumber dalam akuakultur menggariskan keseimbangan yang halus antara memenuhi permintaan protein global dan memelihara ekosistem. Walaupun inovasi seperti protein serangga dan IMTA menawarkan janji, perubahan sistemik memerlukan usaha yang diselaraskan merentas dasar, industri dan tingkah laku pengguna. Mengurangkan pergantungan pada ikan tangkapan liar dan mengurangkan kesan makanan darat akan menjadi penting untuk mencapai "transformasi biru yang mampan“.

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

3. Ekonomi & Ketidakstabilan Pasaran

Sektor perikanan dan akuakultur menghadapi ketidakstabilan ekonomi dan pasaran yang ketara didorong oleh ketegangan geopolitik, permintaan yang turun naik, cabaran pengeluaran dan ketidaktentuan peraturan.

FACTOR KRITIKAL:

1. Ketegangan Geopolitik dan Risiko Perdagangan
2. Kos Pengeluaran dan Kemeruapan Harga Makanan
3. Tekanan Permintaan Sampingan
4. Cabaran Biologi dan Alam Sekitar
5. Risiko Peraturan dan Polisi
6. Innovasi Teknologi dan Operasi

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Ketegangan Geopolitik dan Risiko Perdangan

- **Tarif dan Sekatan Perdagangan**: Potensi pengenaan tarif baru A.S. di bawah pentadbiran yang akan datang,terutamanya menyasarkan China (pengeluar dan pengeksport makanan laut terbesar di dunia), mengancam untuk mengganggu perdagangan makanan laut global. A.S. bergantung pada mengimport lebih 80% daripada penggunaan makanan lautnya, menjadikannya sangat tinggi terdedah kepada dasar sedemikian [13].

- **Ketidakpastian Akses Pasaran**: Konflik geopolitik, seperti Perang Rusia-Ukraine, terus menekan rantaian bekalan dan melambung kos untuk bahan api, pengangkutan dan bahan makanan.

Co-funded by the European Union

b . Kos Pengeluaran dan Kemeruapan Harga Makanan

- **Kebergantungan Makanan**: Suapan menyumbang sehingga 70% daripada kos operasi akuakultur. Turun naik harga untuk tepung ikan, soya, dan jagung, dikompaun oleh gangguan iklim dan ketidakstabilan geopolitik, kesan secara langsung keuntungan.

- **Ketaksamaan Pengeluaran Makanan Serantau** : Pengeluaran makanan akuakultur Eropah meningkat sebanyak 2.1% pada 2024 disebabkan oleh amalan mampan dan kemajuan teknologi, manakala Asia-Pasifik dan Amerika mengalami penurunan (masing-masing -1.7% dan -3.7%) disebabkan oleh wabak penyakit dan ekonomi ketidakstabilan [14].

JALA

Industri udang mesti waspada!

Pemberlakuan tarif ini memicu ketidakpastian. Pelaku industri mulai menahan pengeluaran dan daya saing udang Indonesia terancam menurun karena Ekuador dan India mendapat tarif yang lebih rendah.

Reciprocal Tariffs

Country	Tariffs Charged to the U.S.A. Including Currency Manipulation and Trade Barriers	U.S.A. Discounted Reciprocal Tariffs
Peru	10%	10%
Ecuador	12%	10%
Norway	30%	15%
Costa Rica	17%	10%
Jordan	40%	20%
India	52%	26%
United Arab Emirates	10%	10%
New Zealand	20%	10%
Argentina	10%	10%
Indonesia	64%	32%
Guatemala	10%	10%
Honduras	10%	10%
Madagascar	93%	47%

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c. Tekanan Permintaan Sampingan

- **Perbelanjaan Pengguna yang Lemah** : Inflasi dan ketidaktentuan ekonomi telah menyebabkan permintaan terkawal di pasaran utama seperti EU dan A.S., dengan pengguna mengutamakan produk makanan laut yang berharga rendah. Harga udang kekal tertekan disebabkan lebihan bekalan, terutamanya di China, di mana jumlah import telah menurun setiap bulan sejak Februari 2024[13].

- **Mengubah Keutamaan Pengguna** : Permintaan Gen Z untuk produk "lebih baik untuk anda" dan ketelusan dalam tekanan amalan sumber pengeluar untuk menerima pakai amalan yang mampan dan boleh dikesan, meningkat kos operasi.

Co-funded by
the European Union

d. Cabaran Biologi & Persekitaran

- **Penyebaran Penyakit**: Kadar kematian yang tinggi akibat penyakit seperti Salmon Rickettsial Syndrome (SRS) di Chile dan kutu laut di Norway mengganggu pengeluaran. Sebagai contoh, Norway pertumbuhan salmon terhad kepada 1 -2% pada tahun 2024 disebabkan oleh cabaran biologi.

- **Ketaksamaan Pengeluaran Makanan Serantau** : Kejadian cuaca ekstrem (cth., alga akibat El Niño mekar di Chile) dan air yang memanas memaksa penuaian awal dan mengurangkan biojisim, menyebabkan ketidakstabilan bekalan.

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e. Risiko Peraturan dan Polisi

- **Subsidi Berbahaya**: OECD melaporkan bahawa 65% daripada subsidi perikanan global berisiko menggalakkan penangkapan ikan berlebihan dan amalan haram, terutamanya di kawasan yang mempunyai sistem pengurusan yang lemah[15].

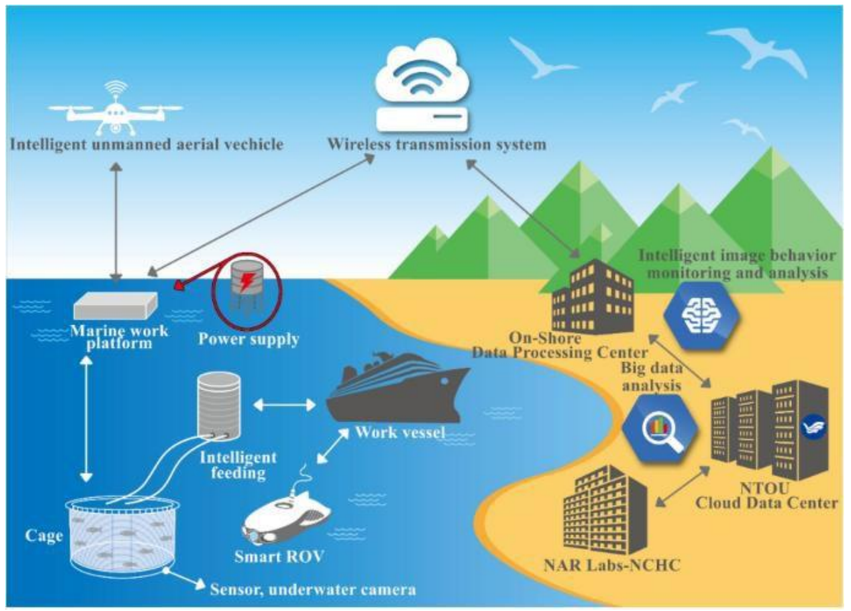
- **Kelewatan Perundangan** : Rang Undang-undang Ladang A.S., kritikal untuk mengembangkan sokongan USDA kepada pengeluar makanan laut (cth., akses kepada kredit, pelabelan "Beli Amerika", muka kelewatan, meninggalkan $31 bilion dalam bencana dana bantuan tidak menentu untuk akuakultur.

Co-funded by the European Union

f. Inovasi Teknikal dan Operasi

- **AI dan Automasi**: Penggunaan AI untuk memantau kesihatan ikan, mengoptimumkan pemakanan dan mengurangkan sisa (mis., AquaBrain Net Afrika Selatan) meningkatkan kecekapan tetapi memerlukan pelaburan awal.

- **Sistem Akuakultur Peredaran Semula (RAS)**: Teknologi RAS mengurangkan penggunaan air sebanyak 95% dan mengurangkan risiko alam sekitar, walaupun kos modal yang tinggi mengehadkan penggunaan yang meluas.



Chang et al. (2021)

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Strategi Mitigasi dan Peluang

a. Kepelbagaian dan Ketahanan :

- Mengembangkan spesies dengan permintaan yang stabil, seperti pangasius (+7% pertumbuhan) dan tilapia (+5%), yang kurang bergantung pada pasaran yang tidak menentu.
- Melabur dalam ekonomi bulat, cth., menggunakan sisa pemprosesan ikan untuk makanan untuk mengurangkan kos dan meningkatkan kelestarian.

b. Polisi Penjajaran:

- Menyokong pembaharuan untuk mengubah hala subsidi ke arah penilaian saham, penguatkuasaan dan penyesuaian iklim.

c. Adaptasi Pasaran:

- Tingkatkan kebolehkesanan dan pensijilan (cth., MSC atau ASC standard) untuk memenuhi permintaan pengguna untuk kemampanan.

KESIMPULAN

Ketidakstabilan ekonomi dan pasaran dalam perikanan dan akuakultur berpunca daripada interaksi kompleks faktor geopolitik, alam sekitar dan peraturan. Walaupun cabaran seperti perang perdagangan, kos makanan dan wabak penyakit berterusan, inovasi dalam teknologi, pembaharuan dasar dan kepelbagaian pasaran strategik menawarkan laluan kepada daya tahan. Pihak berkepentingan mesti mengutamakan kerjasama merentas rantaian bekalan, menyokong subsidi yang seimbang dan mengamalkan amalan penyesuaian untuk mengemudi landskap yang tidak menentu ini.

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

4 . Kebimbangan Social & Etika

Sektor perikanan dan akuakultur menghadapi cabaran sosial dan etika yang ketara, daripada eksploitasi buruh kepada anjakan budaya. Isu-isu ini bersilang dengan kelestarian alam sekitar dan kesaksamaan ekonomi, yang memerlukan pembaharuan sistemik.

Kebimbangan Kritikal:

1. Eksploitasi Buruh dan Penyalahgunaan Hak Asasi Manusia
2. Akses Sumber yang Tidak Saksama
3. Kembingan Etika dalam Amalan Pengeluaran
4. Anjakan Budaya dan Komuniti
5. Keselamatan Makanan dan Ekuiti
6. Pensijilan dan Pembasuhan Hijau

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Eksploitasi Buruh dan Penyalahgunaan Hak Asasi Manusia

- **Kerja Paksa dan Perhambaan Moden** : Armada perikanan industri, khususnya di kawasan seperti Asia Tenggara, terkenal untuk amalan buruh paksaan. Migran pekerja sering menghadapi ikatan hutang, gaji yang ditahan, dan keadaan berbahaya. Laporan Jabatan Buruh A.S. 2023 mengenal pasti makanan laut sebagai sektor berisiko tinggi untuk buruh paksa.

- **Buruh Kanak-kanak**: Perikanan berskala kecil di negara membangun (cth., Afrika Barat) menggaji kanak-kanak dalam tugas berbahaya seperti menyelam atau membaiki jaring, melucutkan pendidikan dan mendedahkan mereka kepada kecederaan.

Co-funded by
the European Union

b . Akses Sumber yang Tidak Saksama

- **Peminggiran Nelayan Kecil** : Armada industri dan operasi akuakultur sering menggantikan artisanal nelayan, yang menyumbang ~50% daripada tangkapan ikan global dan menggaji 90% pekerja dalam sektor ini. Di India, ladang udang mempunyai menceroboh kawasan perikanan tradisional,mencetuskan konflik.

- **Ketidaksamaan Jantina**: Wanita, yang mewakili 50% tenaga kerja dalam peranan menuai (cth., pemprosesan, pemasaran), menghadapi jurang gaji, kuasa membuat keputusan yang terhad dan keadaan kerja yang tidak selamat. Di Ghana, pemproses ikan wanita memperoleh 30% kurang daripada rakan lelaki.

13 kapal nelayan asing yang disyaki di mana 34 nelayan asing Indonesia telah melaporkan keadaan yang menunjukkan tanda-tanda kerja paksa. Empat aduan utama telah dikenal pasti: penipuan melibatkan 11 kapal nelayan asing; penahanan gaji melibatkan 9 vesel nelayan asing; kerja lebih masa yang berlebihan melibatkan 8 kapal nelayan asing; penderaan fizikal dan seksual melibatkan 7 buah kapal nelayan asing
– **Greenpeace** & **SBMI**

greenpeace.org

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c. Kebimbangan Etika dalam Amalan Pengeluaran

- **Tangkapan sampingan dan Kebajikan Haiwan** : Alat menangkap ikan tidak selektif (cth., pukat tunda,gillnets) membunuh berjuta-juta bukan sasaran spesies setiap tahun, termasuk terancam penyu dan burung laut. Dalam akuakultur, keadaan terlalu sesak (cth., salmon sangkar) menyebabkan tekanan, penyakit, dan kadar kematian yang tinggi, menimbulkan persoalan etika tentang rawatan haiwan.

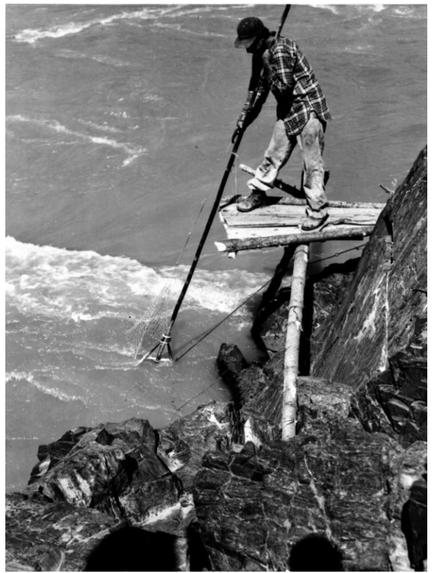
- **Penggunaan antibiotik yang berlebihan** : Untuk mengelakkan penyakitdalam akuakultur intensif, antibiotik seperti oxytetracycline digunakan secara berlebihan, menyumbang kepada rintangan antimikrobial (AMR). Dalam Vietnam, 75% ternakan udang melebihi dos antibiotik yang disyorkan.

Co-funded by the European Union

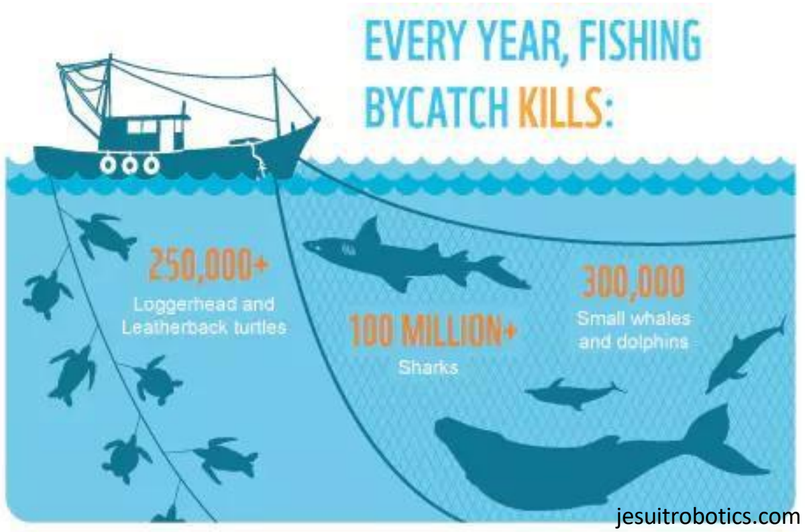
d. Anjakan Budaya dan Komuniti

- **Kehilangan Amalan Orang Asli** : Projek perikanan industri dan akuakultur sering mengabaikan pengetahuan tradisional dan sistem pegangan. Di Kanada, penternakan salmon di wilayah Orang Asli telah mengganggu amalan budaya dan makanan kedaulatan.

- **Pembuangan Komuniti Pantai** : Akuakultur berskala besar (cth., ladang udang Ecuador) kerap menukar bakau dan tanah lembap, memindahkan komuniti yang bergantung kepada ekosistem ini untuk mata pencarian dan perlindungan ribut.



indigenousfoundations.arts.ubc.ca



jesuitrobotics.com

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e. Kawalan Makanan dan Ekuiti

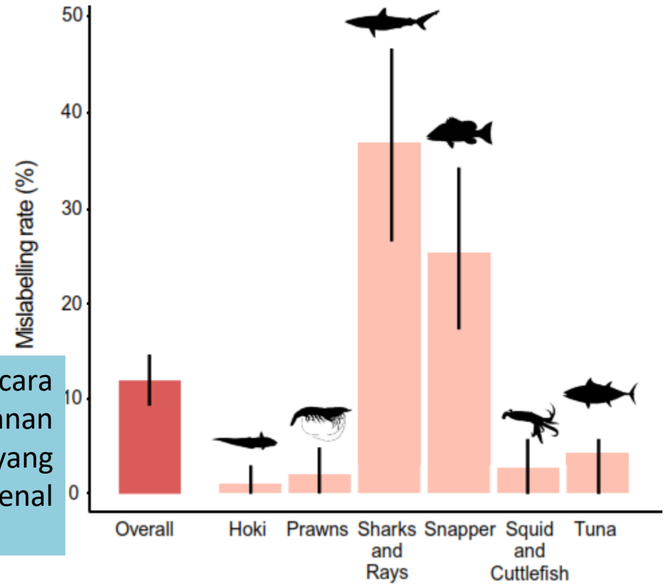
- **Memancing Terlalu Banyak dan Akses Makanan Tempatan** : Perikanan berorientasikan eksport menghalang komuniti pantai daripada sumber protein. Di Afrika Barat, 30–50% daripada tangkapan ikan dialihkan ke pasaran asing atau pengeluaran tepung ikan, memburukkan lagi kekurangan zat makanan.

- **Penyatuan Korporat** : Penyepaduan menegak dalam akuakultur (cth.,Firma salmon Norway mengawal 70% pengeluaran global) menumpukan keuntungan,meminggirkan pekebun kecil dan melambung harga pengguna.

f. Pensijilan dan Greenwashing

- **Piawaian Pengecualian** : Pensijilan skim seperti MSC (Marine Stewardship Council) atau ASC (Aquaculture Stewardship Council) selalunya mengecualikan nelayan berskala kecil kerana kos yang tinggi dan halangan birokrasi. Hanya 15% daripada perikanan global diperakui, terutamanya operasi perindustrian.

- **Salah label dan Penipuan** : Sehingga 30% makanan laut disalah label, menutup tangkapan haram atau amalan tidak beretika. Untuk contoh, ternakan udang "organik" diAsia Tenggara telah dikaitkan dengan pemusnahan bakau dan penyalahgunaan buruh.



Kadar salah label makanan laut secara keseluruhan dan mengikut kumpulan makanan laut di Australia sebagai peratusan label yang tidak sepadan dengan spesies yang dikenal pasti dengan analisis genomik DNA

Cundy et al., 2023

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Strategi Mitigasi (1)

a. Memperkukuh Hak Buruh :
- Menguatkuasakan Konvensyen Kerja ILO dalam Perikanan (C188) untuk melindungi hak nelayan.
- Bekerjasama dengan NGO seperti Yayasan Keadilan Alam Sekitar untuk memantau rantaian bekalan.

b. Memperkasa Pengusaha Berskala Kecil:
- Laksanakan pengurusan perikanan berasaskan komuniti (cth., Hak Penggunaan Wilayah dalam Perikanan, TURF) untuk mendapatkan akses sumber.
- Memberi subsidi kepada pekebun kecil untuk mengamalkan amalan mampan dan mendapatkan pensijilan.

c. Pembaharuan Pengeluaran Beretika :
- Hapuskan gear pemusnah (cth., pukat tunda bawah) dan mandat peranti pengurangan tangkapan sampingan.
- Menggalakkan akuakultur multi-trofik bersepadu (IMTA) untuk meningkatkan kebajikan haiwan dan mengurangkan sisa.

d. Ketelusan dan Kebolehkesanan :
- Gunakan blokchain atau pengekodan DNA (cth., TRUfish) untuk mengesahkan penyumberan dan memerangi penipuan.
- Mewajibkan usaha wajar hak asasi manusia dalam pembekalan korporat rantaian di bawah rangka kerja seperti Kemampanan Korporat EU Arahan Usaha Wajar.

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Strategi Mitigasi (2)

e. Rangka Kerja Kebudayaan dan Ekuiti :

- Rangka Kerja Kebudayaan dan Ekuiti: Mengiktiraf hak Orang Asli melalui perjanjian pengurusan bersama (cth., pengawasan salmon Namgis First Nation Kanada).
- Mengutamakan keselamatan makanan tempatan dalam dasar perdagangan, menyimpan peratusan tangkapan untuk pasaran domestik.

food.r-biopharm.com

KESIMPULAN

Kebimbangan sosial dan etika dalam perikanan dan akuakultur sangat berkait dengan kelestarian alam sekitar dan ekonomi. Menangani isu-isu ini memerlukan keutamaan hak asasi manusia, pengagihan sumber yang saksama, dan pemeliharaan budaya di samping pengawasan ekologi.

Kerajaan, syarikat dan pengguna mesti bekerjasama untuk merungkai sistem eksploitatif dan memupuk peralihan yang adil ke arah pengeluaran makanan laut yang beretika. Seperti yang ditonjolkan oleh agenda Transformasi Biru FAO, kemampanan tidak boleh dicapai tanpa kesaksamaan sosial pada terasnya.

Co-funded by the European Union

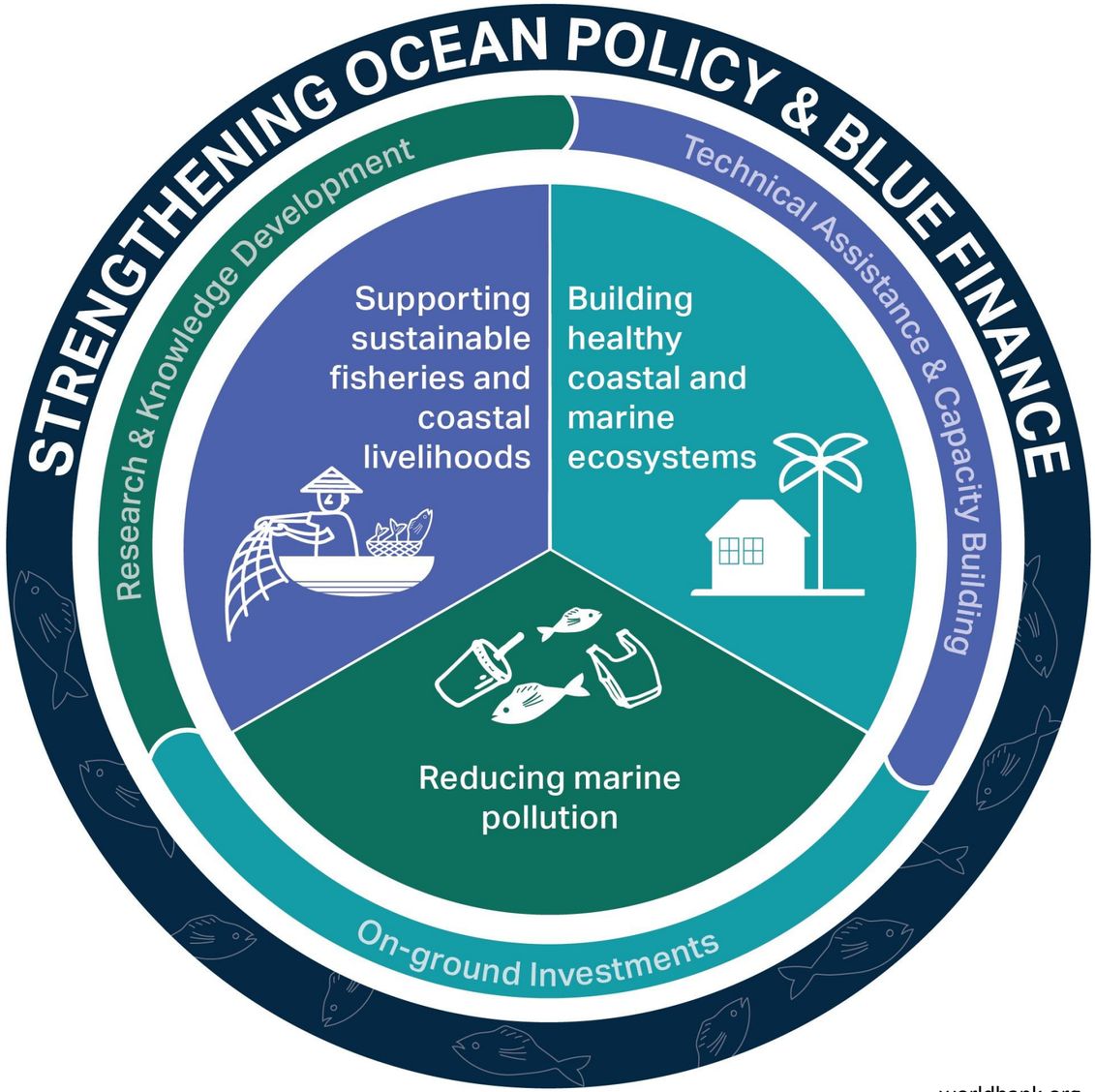
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

5 . **Jurang tadbir urus & dasar***

Sektor perikanan dan akuakultur Indonesia adalah penting untuk ekonomi, keselamatan makanan dan mata pencarian pantai. Walau bagaimanapun, cabaran tadbir urus sistemik dan jurang dasar mengancam kemampanan, ekuiti dan daya maju jangka panjang.

ISU UTAMA :

1. Rangka Kerja Kawal Selia yang Tidak Berkesan
2. Penguatkuasaan yang lemah dan Penangkapan Ikan IUU
3. Peruntukan Sumber Tidak Saksama
4. Cabaran Khusus Akuakultur
5. Penyelewengan Iklim dan Biodiversiti
6. Tadbir Urus Global dan Tekanan Pasaran



Co-funded by the European Union

*Most of the analysis focused on current condition in Indonesia

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Rangka Kerja Kawal Selia yang Tidak Berkesan

- **Kapasiti Terlebih dan Penangkapan Ikan Berlebihan**: Walaupun terdapat dasar yang bertujuan untuk mengehadkan usaha menangkap ikan, perairan Indonesia tetap sesak, dengan 90% kapal nelayan beroperasi di zon yang dieksploitasi secara berlebihan. **Sistem berasaskan kuota**, berkesan di negara-negara seperti New Zealand, telah menyaksikan **penggunaan terhad** disebabkan oleh **kekangan institusi** dan **penguasaan perikanan berskala kecil**, yang **merumitkan pemantauan dan penguatkuasaan** [16].

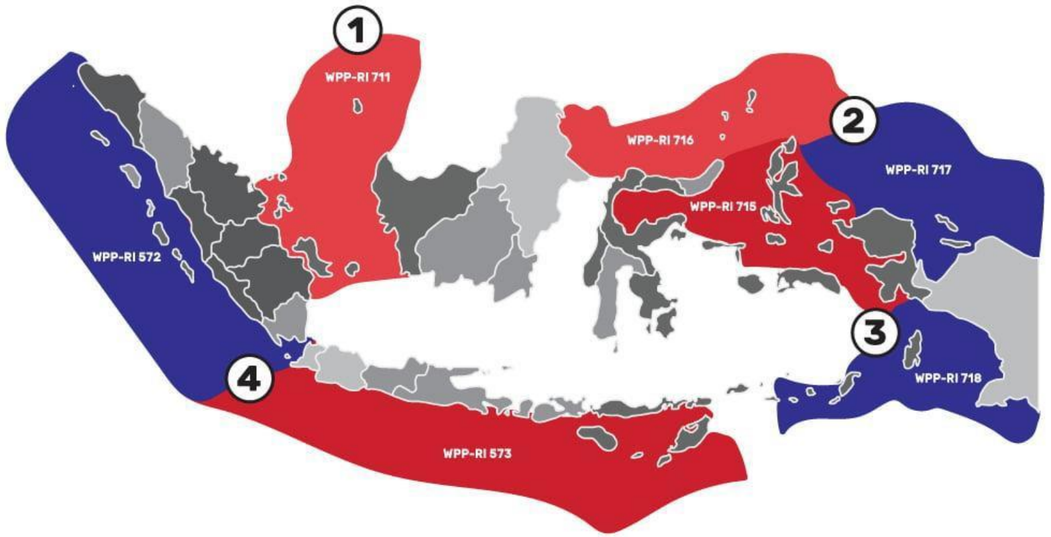
  Kegagalan Pengezonan Akuakultur : Pembesaran ladang **udang** yang tidak terkawal telah memusnahkan 20 -50% bakau di wilayah seperti Ecuador dan Bangladesh, melanggar antarabangsa komitmen seperti Konvensyen Ramsar [16]. Dalam Indonesia, corak serupa mengancam ekosistem pantai, walaupun usaha baru-baru ini untuk mengutamakan amalan mampan di bawah rangka kerja "ekonomi biru".

Indonesia is implementing a quota-based fisheries management system to ensure sustainable and optimal utilization of fish resources. This system, known as Measured Fishery Catch (PIT) or Quota-Based Fishing, sets catch quotas for different fishing sectors and areas. The goal is to prevent overfishing and protect the marine ecosystem while promoting the fishing industry and exports

Co-funded by the European Union

Indonesia's Quota-Based Commercial Fishing Zones

Cekindo — AN IN.CORP COMPANY



1 Zone 1
Areas covered: 711
Quota: 473,000 tons/annum
Estimated profit: USD 911.67 million

2 Zone 2
Areas covered: 716 and 717
Quota: 738,000 tons/annum
Estimated profit: USD 1.1 billion

3 Zone 3
Areas covered: 715 and 718
Quota: 2.2 million tons/annum
Estimated profit: USD 3.2 billion

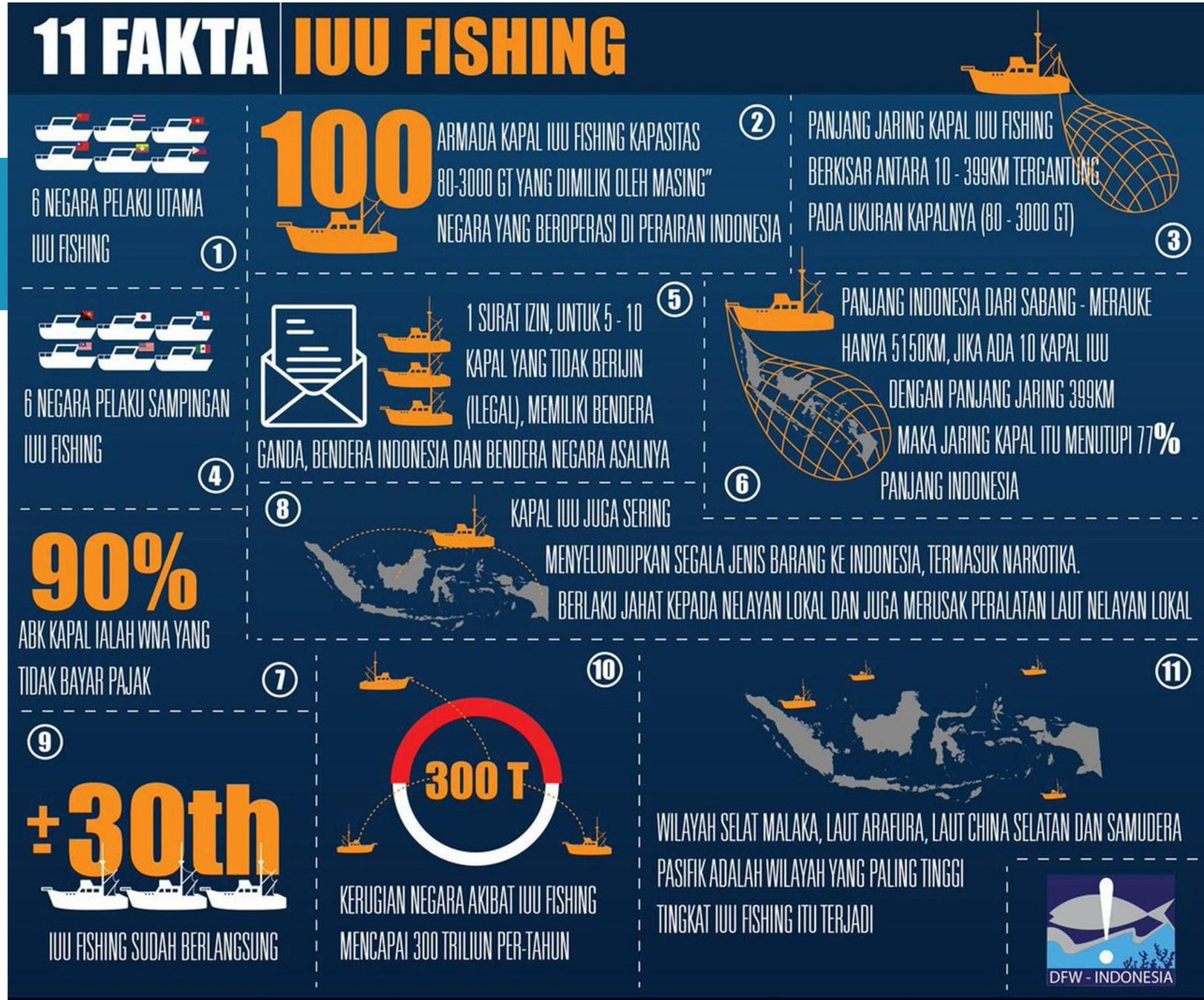
4 Zone 4
Areas covered: 572 and 573
Quota: 1.4 million tons/annum
Estimated profit: USD 2.4 billion

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

b . Penguatkuasaan yang lemah dan IUU Memancing

Penyeludupan udang galah juvana (puerulus) berterusan walaupun larangan eksport,didorong oleh permintaan tinggi di Vietnam dan rasuah. Perdagangan haram ini menelan belanja Indonesia ~$90 juta setiap tahun dalam kerugian ekonomi dan menjejaskan pertumbuhan akuakultur domestik[17].

- **Pemantauan yang tidak mencukupi** : Hanya 30% negara menerbitkan boleh diakses data perikanan, dan Indonesia bergelut dengan penangkapan ikan IUU kerana kapasiti pengawasan yang terhad. Sebagai contoh, 40% daripada armada perairan jauh China di perairan Indonesia beroperasi tanpa sistem pengesanan wajib [17].



Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c . Peruntukan Sumber Tidak Saksama

- **Peminggiran Nelayan Kecil** : Nelayan kecil-kecilan, yang menyumbang ~50% daripada tangkapan, selalunya kekurangan hak undang-undang untuk kawasan menangkap ikan. Armada industri dan konsesi akuakultur (cth., 92% dikawal oleh lima firma di Chile) mendominasi, memburukkan lagi ketidaksamaan sosial [16].

- **Subsidi Berbahaya**: Lebih $500 juta dalam subsidi tahunan mendapat manfaat terutamanya armada industri, memberi insentif kepada penangkapan ikan yang berlebihan. Hanya satu pertiga daripada subsidi menyokong amalan mampan, seperti kawasan perlindungan marin seperti Raja Ampat.

Co-funded by the European Union

d . Cabaran Khusus Akuakultur

- **Penyakit dan Penggunaan Antibiotik berlebihan** : Nelayan berskala kecil, yang menyumbang ~50% daripada tangkapan, selalunya tidak mempunyai hak undang-undang untuk kawasan memancing. Armada industri dan konsesi akuakultur (cth., 92% dikawal oleh lima firma di Chile) mendominasi, memburukkan lagi ketidaksamaan sosial.

- **Jurang Teknologi dan Infrastruktur** : Lebih $500 juta dalam subsidi tahunan memberi manfaat terutamanya kepada armada industri,memberi insentif kepada penangkapan ikan yang berlebihan. Hanya satu pertiga daripada subsidi menyokong amalan mampan, seperti kawasan perlindungan marin seperti Raja Ampat.
- **Had Sektor Rumpai Laut** : Pengeluaran bermusim, infrastruktur yang lemah, dan kekurangan penetasan komersial menghalang Potensi Indonesia sebagai pemimpin global. Jurang dasar dalam pembiayaan penyelidikan dan pembangunan kultivar berterusan [18].

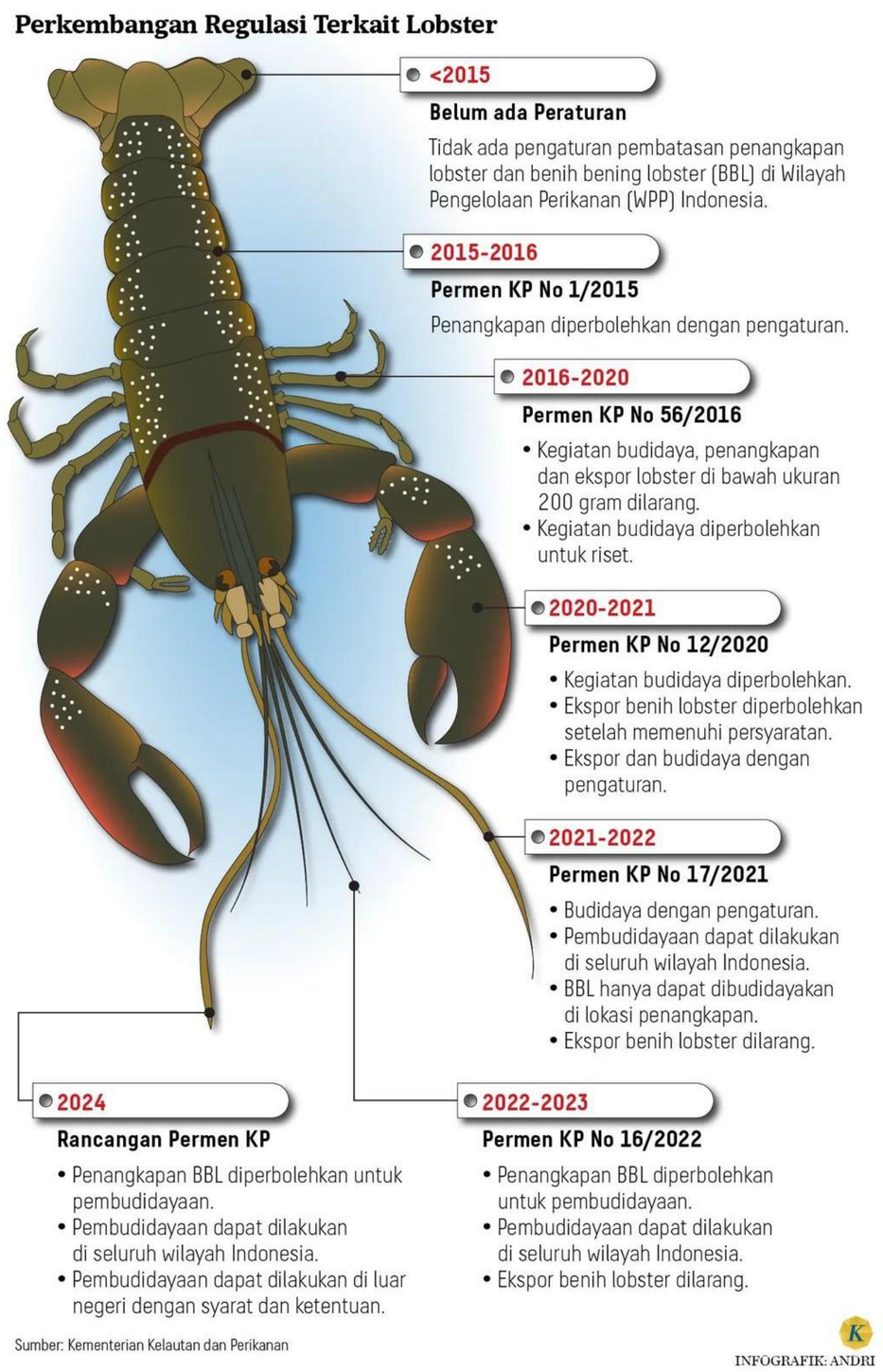
SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e . Penyelewengan Iklim dan Biodiversiti

- **Kekurangan Pengurusan Adaptif: Dasar perikanan sering mengabaikan kesan iklim**, seperti anjakan stok yang didorong oleh pemanasan. Sebagai contoh, kelangsungan hidup puerulus udang galah Indonesia kadar terancam oleh pemanasan air, namun dasar focus mengenai larangan eksport dan bukannya daya tahan ekosistem[17].

- **Titik Buta Biodiversiti** : Skim pensijilan seperti ASC mengabaikan kesan kumulatif. Penternakan ikan salmon di Norway mengurangkan populasi ikan kod tempatan sebanyak 45% melalui kutu laut serangan—risiko yang dicerminkan dalam akuakultur Indonesia [16].

Co-funded by the European Union



SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

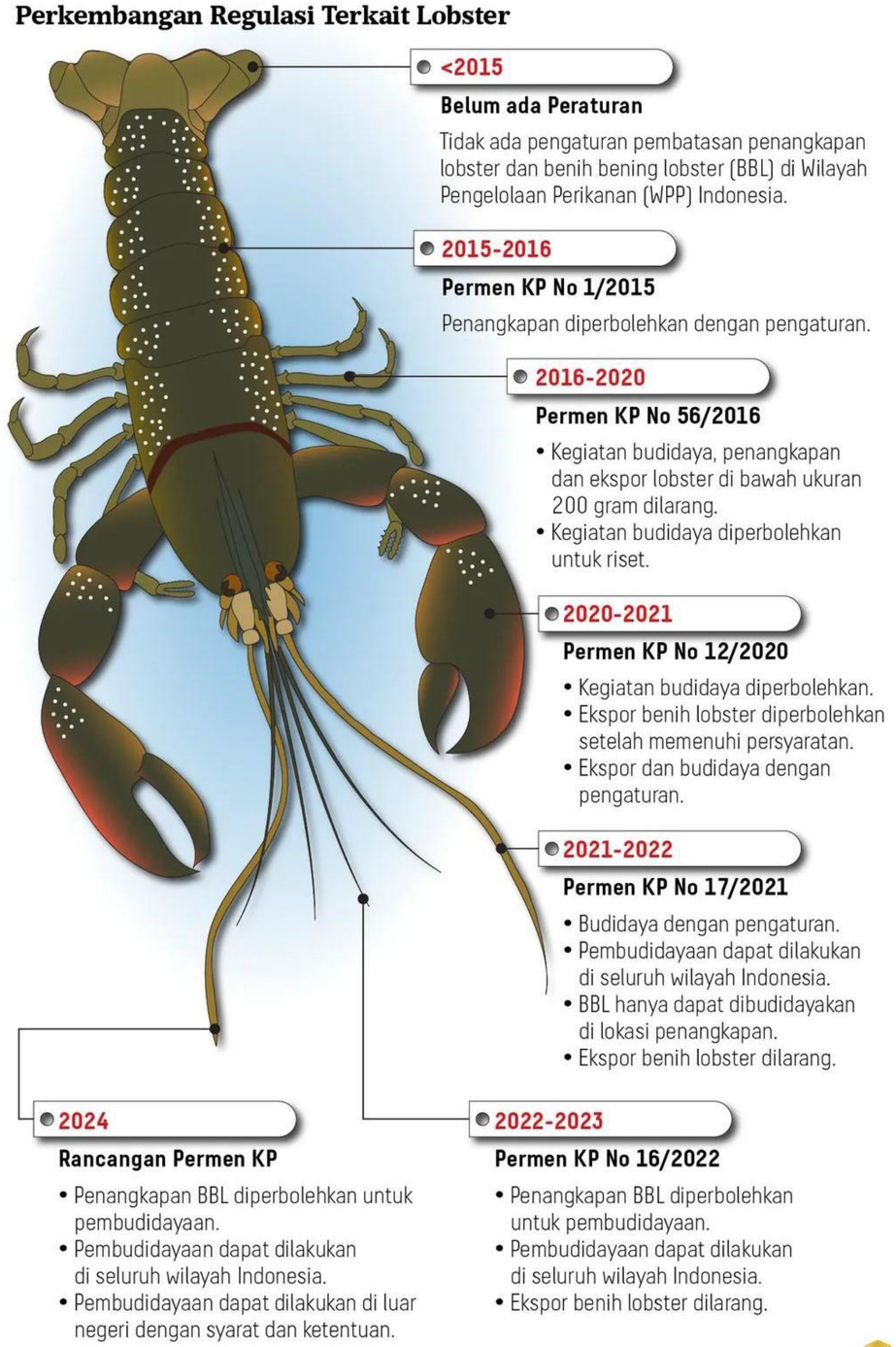
e. Penyelewengan Iklim dan Biodiversiti

f. Tadbir Urus Global dan Tekanan Pasaran

- **Kebuntuan Subsidi WTO** : Perjanjian WTO 2022 gagal mengekang subsidi yang berbahaya, mengecualikan 80% armada global. Kebergantungan Indonesia pada eksport (cth., udang ke A.S. dan EU) mendedahkannya kepada halangan perdagangan, seperti penolakan FDA untuk "berwajaran pendek“ penghantaran

- **Pengecualian Pensijilan** : Pengeluar berskala kecil bergelut dengan pensijilan mahal seperti MSC/ASC, mengehadkan akses pasaran. Hanya 15% perikanan global diperakui, memihak kepada pengendali industri [Suherman].

Co-funded by the European Union



SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Laluan ke Reformasi

a. **Perkukuh Pengurusan Bersama** : Mengguna pakai model tadbir urus adaptif, seperti yang dilihat di Malawi dan Uganda, menyepadukan tempatan pengetahuan dan data saintifik untuk penggubalan dasar yang responsif.
b. **Ketelusan Didorong Teknologi** : Laksanakan kebolehkesanan blockchain dan pemantauan AI (cth., FishFace) untuk memerangi penangkapan ikan IUU dan meningkatkan pematuhan.
c. **Pembaharuan Subsidi yang Saksama** : Ubah hala dana untuk menyokong nelayan skala kecil dan amalan mampan, seperti kawasan perlindungan marin Raja Ampat.
d. **Inovasi Akuakultur** : Skala bersepadu multi-trofik sistem (IMTA) dan makanan berasaskan serangga untuk mengurangkan pergantungan ikan liar.
e. **Kerjasama Global** : Menjajarkan dasar dengan SDG dan serantau perjanjian (cth., ASEAN) untuk mengharmonikan piawaian dan memerangi isu rentas sempadan seperti penyeludupan puerulus.

KESIMPULAN

Jurang tadbir urus Indonesia dalam perikanan dan akuakultur berpunca daripada dasar yang berpecah-belah, defisit penguatkuasaan dan pengagihan sumber yang tidak saksama. Walaupun inisiatif seperti sasaran penangkapan ikan lestari 2025 dan tumpuan Udang Outlook 2025 pada kemajuan isyarat biosekuriti, pembaharuan sistemik—
mengutamakan ketelusan, ekuiti dan daya tahan iklim—adalah kritikal. Dengan memanfaatkan teknologi, pengurusan bersama dan perkongsian global, Indonesia boleh beralih daripada eksploitasi sumber kepada pengawasan yang mampan, memastikan keselamatan makanan jangka panjang dan kesihatan ekologi.

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

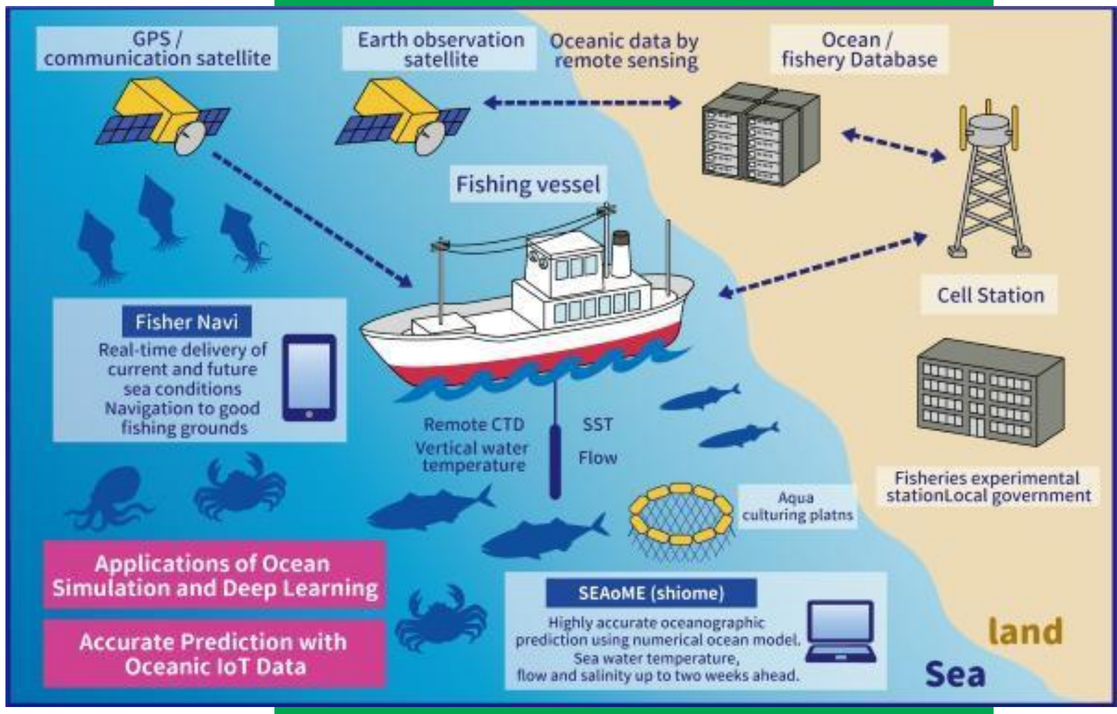
6. Kekurangan Teknologi & Inovasi *

Sektor perikanan dan akuakultur Indonesia, walaupun penting untuk ekonomi dan bekalan makanan laut globalnya, menghadapi jurang teknologi dan inovasi yang ketara yang menghalang produktiviti, kemampanan, dan daya saing.

CABARAN UTAMA :

1. Penggunaan Terhad Pemantauan dan Automasi Lanjutan
2. Pengurusan Penyakit dan Kekurangan Biosekuriti
3. Program Genetik dan Pembiakan yang kurang maju
4. Jurang Ketergantungan Suapan dan Kemampanan
5. Ketidaksamaan Akses Infrastruktur dan Teknologi
6. Cabaran Kebolehkesanan dan Pematuhan Pasaran

* Kebanyakan analisis tertumpu kepada keadaan semasa di Indonesia



oceaneyes.co.jp

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

a . Penggunaan Terhad Pemantauan dan Automasi Lanjutan

- **Pengumpulan Data Tidak Cekap** : Walaupun inisiatif seperti FishFace, yang menggunakan kamera atas kapal untuk tangkapan masa nyata pemantauan, penerimaan tetap terhad. Lebih 90% daripada operasi penangkapan ikan Indonesia adalah berskala kecil, kekurangan sumber untuk melaksanakan teknologi sedemikian, yang membawa kepada amalan tidak terkawal dan penangkapan ikan yang berlebihan [16].

- **Amalan Pemakanan Manual**:Banyak ladang akuakultur bergantung kepada manual memberi makan, mengakibatkan lebih-atau kurang makan, sumber terbuang, dan pencemaran. Penyumpan automatik dan sistem dipacu AI (cth., RAS) adalah kurang digunakan, walaupun ia boleh mengurangkan sisa makanan sebanyak 20 -30%.

Co-funded by the European Union

b . Pengurusan Penyakit dan Kekurangan Biosekuriti

- **Tindak balas Penyakit Reaktif** : Ladang udang menghadapi kelaziman penyakit yang tinggi (mis., Vibrio, sindrom bintik putih), dengan hanya 10% mematuhi pensijilan IndoGAP. Langkah biosekuriti proaktif, seperti analisis mikrobiom dan pathogen ujian, jarang berlaku, memburukkan lagi kematian kadar.

- **Penggunaan berlebihan antibiotik** : Lebih 75% ternakan udang melebihi dos antibiotik yang disyorkan, mempercepatkan antimikrob rintangan (AMR). Alternatif seperti terapi phage atau suapan imunostimulan tidak diterima pakai secara meluas [19].

IndoGAP
Indonesian Good Aquaculture Practices

indonesiashrimp.com

thefishsite.com

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

c . Program Genetik dan Pembiakan yang kurang maju

- **Kekurangan Terikan Berdaya Tahan** : Indonesia's sektor rumpai laut mengalami kekurangan penetasan komersil dan penyelidikan mengenai kultivar berdaya hasil tinggi dan tahan iklim. Ini berbeza dengan kejayaan Ecuador dalam produktiviti udang melalui pembaikan genetik setempat [19].

- **Penggunaan Penyuntingan Gen yang Lambat** : Walaupun akuakultur global meneroka penyuntingan gen untuk rintangan penyakit dan kecekapan pertumbuhan, Indonesia ketinggalan disebabkan oleh rangka kerja pendanaan dan kawal selia yang ditiru. Ini menyebabkan petani bergantung kepada stok liar yang terdedah.

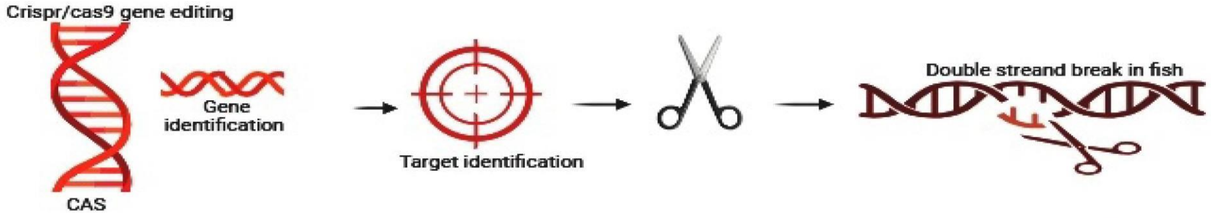
Aplikasi CRISPR/Cas9 dalam akuakultur melibatkan beberapa langkah. Pertama, gRNA khusus direka untuk memadankan jujukan gen sasaran. Kemudian, protein Cas9 mengikat DNA sasaran, menyebabkan pemecahan dua helai. Akhirnya, rehat dibaiki.
Zhu et al. (2024)

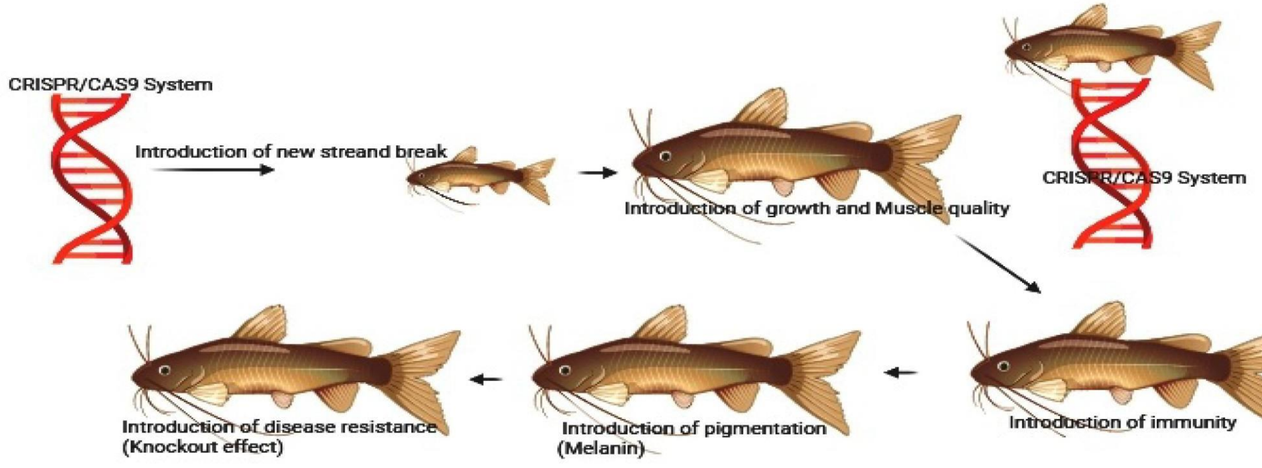
Co-funded by the European Union

d . Ketergantungan Suapan dan Kemampanan

- **Pergantungan kepada Bahan-bahan Import** : Makanan akuakultur menyumbang 70% daripada kos operasi, namun Indonesia bergantung kepada tepung ikan dan soya yang diimport. Alternatif berasaskan serangga atau alga (cth., larva Black Soldier Fly) tidak berskala disebabkan kos pengeluaran yang tinggi (~€2,500–4,000/tan)[20].

- **Defisit Kitar Semula Sisa** : Hasil sampingan pemprosesan ikan (cth., kepala, usus) dibuang dan bukannya ditukar kepada silaj untuk makanan, kehilangan peluang untuk mengurangkan kos dan kesan alam sekitar[20].





SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

e . Ketidaksamaan Akses Infrastruktur dan Teknologi

- **Had Pekebun Kecil** : Lebih 300 , 000 hektar kolam udang terbiar memerlukan pemulihan, tetapi pekebun kecil kekurangan akses kepada pengudara, sistem automatik atau benih berkualiti. Projek AgResults bertujuan untuk merapatkan jurang ini tetapi bergelut dengan kebolehskalaan [21].

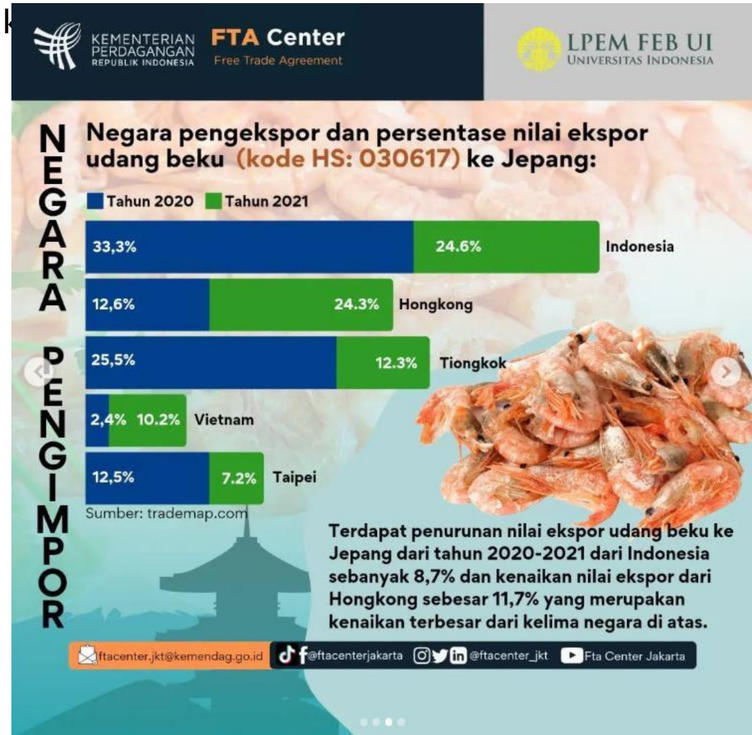
- **Sistem Intensif Tenaga** : Beredar semula Sistem Akuakultur (RAS) dan penyelesaian berkuasa solar, yang mengurangkan penggunaan air sebanyak 95%, adalah jarang berlaku kerana kos modal yang tinggi dan kepakaran teknikal yang terhad.

Co-funded by the European Union

d . Kebolehkesanan dan Cabaran Pematuhan Pasaran

- **Rangka Kerja Pensijilan yang Lemah** : Hanya 15 % daripada perikanan global diperakui (cth., ASC,MSC), dengan pekebun kecil Indonesia sering dikecualikan kerana halangan birokrasi. Pelabelan salah dan penipuan terus menjejaskankepercayaan pasaran [16].

- **Kurang Penggunaan Rantaian Sekat** : Walaupun trend global, rantaian bekalan makanan laut Indonesia kekurangan blokchain atau pengekodan DNA untuk kebolehkesanan,



SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Laluan untuk Penambaikan

a. **Perkongsian Awam Swasta**: Bekerjasama dengan entiti seperti Perkongsian Udang Lestari untuk skala biosekuriti dan program pensijilan.

b. **Pelaburan Penyelidikan** : Mewujudkan rumpai laut komersial penetasan dan membiayai ujian penyuntingan gen untuk spesies tahan iklim.

c. **Pembaharuan Subsidi** : Mengalihkan semula subsidi berbahaya ke arah penerimaan RAS, inovasi makanan dan latihan pekebun kecil.

d. **Model Ekonomi Pekeliling** : Mengintegrasikan kitar semula sisa ikan dan IMTA (Integrated Multi-Trophic Aquaculture) untuk mengurangkan pergantungan kepada sumber liar.

KESIMPULAN

Kekurangan teknologi Indonesia dalam perikanan dan akuakultur berpunca daripada dasar yang berpecah-belah, kekurangan dana R&D, dan akses yang tidak saksama kepada inovasi. Menangani jurang ini memerlukan mengutamakan teknologi penyesuaian, memupuk kerjasama antarabangsa (cth., perkongsian pengetahuan ASEAN), dan menyelaraskan pertumbuhan dengan agenda "Transformasi Biru" FAO. Dengan merapatkan jurang ini, Indonesia boleh meningkatkan keselamatan makanan, mengurangkan bahaya ekologi, dan menjamin

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Bacaan Lanjut

01 Ahmed N, Thompson S, Glaser M. 2019. Global aquaculture productivity, environmental sustainability, and climate change adaptability. *Environmental Management* 63: 159–172.

02 Garlock TM, et al. 2024. Environmental, economic, and social sustainability in aquaculture: the aquaculture performance indicators. *Nature Communications* 15: 5274.

03 Jiang Q, Bhattarai N, Pahlow M, Xu Z. 2022. Environmental sustainability and footprints of global aquaculture. *Resources, Conservation and Recycling* 180: 106183.

04 Ocean Climate Platform. 2024. Fishing and Aquaculture in a Changing Climate: Challenges and Perspectives . Available online at: https://ocean-climate.org/en/fishing-and-aquaculture-in-a-changing-climate-challenges-and-perspectives/

05 FAO. Future challenges in fisheries and aquaculture. Available online at: https://www.fao.org/4/x6947e/x6947e09.htm

Co-funded by
the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Bacaan Lanjut

06 Wacker S, et al. 2021. Selection against individuals from genetic introgression of escaped farmed salmon in a natural population of Atlantic salmon. *Evol Appl.* 14(5):1450–1460.

07 Global Seafood Alliance. 2019. What Is the Impact of Aquaculture on the Environment? Available online at: https://www.globalseafood.org/blog/what-is-the-environmental-impact-of-aquaculture/

08 Kok B, et al. 2020. Fish as feed: Using economic allocation to quantify the Fish In : Fish Out ratio of major fed aquaculture species. *Aquaculture* 528: 735474.

09 Pahlow M, van Oel PR, Mekonnen MM, Hoekstra AY. 2015. Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Science of The Total Environment* 536: 847–857.

10 Aquaculture Stewardship Council. Responsible feed: Integral to seafood farming's future. Available online at: https://asc-aqua.org/producers/asc-standards/feed-standard/responsible-feed-integral-to-seafood-farmings-future/

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Bacaan Lanjut

11 Tidwell JH, Allan GF. 2001. Fish as food: aquaculture's contribution. *EMBO Rep*. 2(11): 958–963.

12 FreezeM. Insect Protein: A Promising Feed Ingredient for the Future of Sustainable Aquaculture. Available online at: https://www.freezem.com/resources/insect-protein-as-feed-ingredient-for-sustainable-aquaculture/

13 Global Seafood Alliance. Rabobank: Production growth for key aquaculture species in 2025; modest gains for salmon and shrimp. Available online at: https://www.globalseafood.org/advocate/rabobank-production-growth-for-key-aquaculture-species-in-2025-modest-gains-for-salmon-and-shrimp/

14 Blue Life Hub. 2025. Aquaculture feed: Europe bucking the trend, Asia and the Americas slowing down. Available online at: https://www.bluelifehub.com/2025/05/15/aquaculture-feed-europe-bucking-the-trend-asia-and-the-americas-slowing-down/

15 OECD (2025), OECD Review of Fisheries 2025, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/560cd8fc-en.

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Bacaan Lanjut

16 Suherman A, Hernuryadin Y, Suadela P, Furkon UA, Amboro T. 2025. Transformation of Indonesian capture fisheries governance: Review and prospects. *Marine Policy* 174: 106619.

17 Adiputra YT, Suadi, Pratiwi A, Tonralipu ASA. 2024. Caught in the net: Unravelling policy challenges and smuggling dynamics in Indonesia's puerulus exploitation. *Marine Policy* 169: 106336.

18 The Nature Conservancy. 2024. Indonesia Seaweed Aquaculture Policy Gap Analysis. Available online at: https://www.aquaculturescience.org/indonesia-seaweed-policy-gap-analysis/

19 JALA Tech. 2025. Empowering Indonesia's Shrimp Industry with Comprehensive Insights at Shrimp Outlook 2025. Available online at: https://jala.tech/blog/shrimp-industry/empowering-indonesia-s-shrimp-industry-with-global-insights-at-shrimp-outlook-2025

20 Lim A. 2025. What's shaping aquaculture and its growing role in global food security – exclusive analysis. Available online at: https://www.agtechnavigator.com/Article/2025/04/29/aquaculture-2025-whats-shaping-aquacultures-growing-role-in-global-food-security/

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

Bacaan Lanjut

Ambari M. 2024. Indonesia fisheries minister eyes aquaculture expansion under Prabowo. Available online at: https://news.mongabay.com/2024/11/indonesia-fisheries-minister-eyes-aquaculture-expansion-under-prabowo/

World Bank. 2025. Indonesia Sustainable Oceans Program. https://www.worldbank.org/en/programs/indonesia-sustainable-oceans-program/overview

Chopin, T, et al., 2008. Multitrophic Integration for Sustainable Marine Aquaculture. In Jørgensen, SE, & Fath, BD (Ed.). Ecological Engineering Vol. 3 of Encyclopedia of Ecology. Elsevier, Oxford.

Ocean and Climate Platform. 2024. Fishing and Aquaculture in a Changing Climate: Challenges and Perspectives.

World Aquaculture Society. 2024. Indonesia: Emerging as a Leader in Aquaculture. Available online at: https://www.was.org/article/Indonesia_Emerging_as_a_Leader_in_Aquaculture.aspx

Co-funded by the European Union

SustainaBlue
HEIs stands for Higher Education Institutions

TERIMA KASIH

Farid K Muzaki / ITS

+6281217762277

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

Co-funded by
the European Union