



Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/JP>

e-mail: jurnalpari@gmail.com

JURNAL PARI

Volume 11 Nomor 1 Juli 2025

p-ISSN : 2502-0730

e-ISSN : 2549-0133



ANALISIS BIBLIOMETRIK TREND DAN KEBIJAKAN SOSIAL EKONOMI AKUAKULTUR 2015–2025

Hendra Poltak^{1*)}, Ernawati¹⁾, Asthervina¹⁾, Achmad Suhermanto²⁾, ³⁾Riris Yulie Valentine

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong

²Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang

³Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang

Diterima tanggal : 2 Juni 2025 Diterima setelah perbaikan : 3 Juli 2025

disetujui terbit : 18 JULI 2025

ABSTRAK

Akuakultur berkelanjutan merupakan aspek penting dalam mendukung ketahanan pangan dan konservasi ekosistem laut di tengah tantangan perubahan iklim dan pertumbuhan ekonomi global. Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik untuk menganalisis tren publikasi, jaringan konseptual, pola kolaborasi global, dan implikasi kebijakan dalam akuakultur berkelanjutan selama periode 2015–2025 dengan menganalisis 345 dokumen penelitian. Data diperoleh dari basis data Scopus dan dianalisis menggunakan VOSviewer dan OpenRefine. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan jumlah publikasi dengan dominasi negara maju serta kemunculan kata kunci utama seperti “*sustainability*”, “*climate change*”, dan “*blue economy*”. Analisis jaringan konseptual mengidentifikasi tujuh kluster tematik utama yang mencakup adaptasi iklim, konservasi ekosistem, ekonomi biru, sosial-ekologi, dan tata kelola kebijakan. Studi ini menegaskan perlunya integrasi multidimensi dalam kebijakan akuakultur berkelanjutan untuk mengoptimalkan manfaat ekonomi sekaligus menjaga kelestarian lingkungan dan kesejahteraan sosial. Rekomendasi strategis meliputi penguatan kolaborasi internasional, pengembangan teknologi adaptif, dan pemberdayaan komunitas lokal guna mendukung implementasi *Sustainable Development Goals* (SDGs). Rekomendasi ini memberi manfaat bagi pemerintah dalam perumusan kebijakan berbasis bukti, pelaku industri akuakultur dalam adopsi praktik berkelanjutan, serta peneliti dalam identifikasi kesenjangan penelitian dan arah riset masa depan.

KATAKUNCI: Akuakultur; Ekonomi Biru; Kebijakan Sosial Ekonomi; Perubahan Iklim; Keberlanjutan.

ABSTRACT

Sustainable aquaculture is a crucial aspect in supporting food security and marine ecosystem conservation amidst the challenges of climate change and global economic growth. This study employs a bibliometric approach to analyze publication trends, conceptual networks, global collaboration patterns, and policy implications in sustainable aquaculture from 2015 to 2025 by examining 345 research documents. Data were obtained from the Scopus database and analyzed using VOSviewer and OpenRefine. The results show a significant increase in publication numbers, dominated by developed countries, along with the emergence of key keywords such as ‘sustainability,’ ‘climate change,’ and ‘blue economy.’ The conceptual network analysis identified seven major thematic clusters, including climate adaptation, ecosystem conservation, blue economy, socio-ecology, and policy governance. This study affirms the need for multidimensional integration in sustainable aquaculture policies to optimize economic benefits while preserving environmental sustainability and social welfare. Strategic recommendations include strengthening international collaboration, developing adaptive technologies, and empowering local communities to support the implementation of the Sustainable Development Goals (SDGs). These recommendations benefit governments in evidence-based policymaking, aquaculture industry players in adopting sustainable practices, and researchers in identifying knowledge gaps and future research directions.

KEYWORDS: Aquaculture; Blue Economy; Socio-economic Policy; Climate Change; Sustainability.

Korespondensi penulis:

Jl. Kapitan Patimura Tg. Kasuari Kel. Suprau, Distrik Maladummes Kota Sorong Papua Barat
email : hendra.poltak@polikpsorong.ac.id

PENDAHULUAN

Akuakultur berperan penting dalam mendukung tujuan pembangunan yang berkelanjutan, khusus dalam peningkatan pertumbuhan ekonomi serta kesejahteraan manusia (Pradeepkiran, 2019). Sektor ini merupakan solusi strategis dalam meningkatkan ketahanan pangan generasi saat ini dan masa mendatang (FAO, 2024). Kontribusi akuakultur terhadap pemenuhan kebutuhan protein hewani sangat signifikan, dengan menyediakan 50-65% konsumsi ikan global (Gupta, 2015; Kerala, 2014). Tren global menunjukkan bahwa produksi akuakultur meningkat pesat baik di berbagai belahan dunia, dengan dominasi Asia mencapai 89% dari produksi untuk memenuhi kebutuhan populasi dunia yang terus bertambah (Garlock *et al.*, 2020).

Secara nasional, terutama di negara berkembang seperti Indonesia, akuakultur tidak hanya menjadi sumber utama pangan tetapi juga merupakan mata pencaharian penting bagi jutaan masyarakat pesisir yang mampu mengentaskan kemiskinan dan ketimpangan sosial (Diedrich *et al.*, 2019). Produksi akuakultur Indonesia bahkan mencapai 16,87 juta ton pada tahun 2022, menyumbang sekitar 68% dari total produksi perikanan nasional (Sabrina & Putra, 2025). Angka ini meningkat 13,6% dibanding produksi tahun 2021 (Sabrina & Putra, 2025), menggarisbawahi peran penting akuakultur dalam perekonomian nasional. Namun, perkembangan pesat sektor ini tidak lepas dari dampak negatif, seperti degradasi lingkungan, konflik sosial, dan ketidakseimbangan ekonomi akibat praktik yang kurang berkelanjutan serta regulasi yang belum optimal (FAO, 2022; Galparsoro *et al.*, 2020), dapat mempengaruhi kesejahteraan manusia (Froehlich *et al.*, 2018; Poore & Nemecek, 2018). Contoh nyata dampak negatif tersebut antara lain eutrofikasi perairan akibat limbah pakan berlebih, konversi lahan mangrove menjadi tambak intensif yang mengurangi perlindungan alami pesisir, penggunaan antibiotik dan bahan kimia yang mencemari ekosistem laut, serta konflik lahan antara komunitas lokal dengan investor besar yang berujung pada marginalisasi nelayan tradisional. Oleh sebab itu, pendekatan keberlanjutan dalam akuakultur yang mengintegrasikan aspek ekologi, ekonomi, sosial, dan kebijakan menjadi sangat penting untuk meminimalkan dampak negatif (Regulation (EU) No 1380, 2013) sekaligus memastikan pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs) di sektor akuakultur.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengkaji akuakultur berkelanjutan (Tucciarone *et al.*, 2024). Namun, masih terdapat kesenjangan karena

sebagian besar studi sebelumnya bersifat parsial dan hanya membahas salah satu aspek keberlanjutan, misalnya aspek ekonomi atau lingkungan saja, tanpa analisis integratif lintas dimensi. Misalnya, dari perspektif ekonomi dan lingkungan, akuakultur berkontribusi pada ekonomi pedesaan tetapi dapat berdampak negatif pada lingkungan (Grealis *et al.*, 2017), sementara praktik berkelanjutan terbukti positif bagi ekonomi dan lingkungan laut (He *et al.*, 2024) serta mendukung penyediaan lapangan pekerjaan (He *et al.*, 2024). Meskipun demikian, kajian komprehensif yang menggabungkan keempat pilar keberlanjutan (ekonomi, ekologi, sosial, kebijakan) dalam kerangka terpadu masih terbatas (Safiih *et al.*, 2016). Pendekatan untuk memetakan perkembangan penelitian multidimensi akuakultur juga belum banyak dieksplorasi.

Penelitian ini menghadirkan kebaruan melalui pendekatan bibliometrik kuantitatif yang mengintegrasikan analisis empat pilar keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, dan kebijakan) dalam konteks akuakultur berkelanjutan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang cenderung parsial, penelitian ini mengembangkan kerangka analisis holistik dengan: (1) pemetaan jaringan konseptual melalui analisis *co-occurrence keyword*, (2) identifikasi pola kolaborasi global, dan (3) analisis perkembangan tematik selama dekade terakhir. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi celah penelitian dan peluang kolaborasi interdisipliner yang belum terungkap dalam literatur (Bhati *et al.*, 2025). Adapun tujuan penelitian ini adalah: (1) menganalisis perkembangan penelitian akuakultur berkelanjutan secara kuantitatif sepanjang 2015 - 2025, (2) memetakan jejaring konseptual dan kolaborasi global, serta (3) merumuskan rekomendasi kebijakan berbasis bukti untuk mendukung praktik akuakultur berkelanjutan. Dalam konteks kebijakan, studi ini juga menyajikan implikasi strategis bagi pengembangan regulasi dan praktek manajemen akuakultur yang berwawasan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data dan Informasi

Penelitian ini menggunakan kueri Boolean yang menggabungkan kata kunci terkait dimensi ekologi, ekonomi, sosial, kebijakan, dan akuakultur berkelanjutan. Pendekatan tersebut menekankan operator kedekatan untuk memperoleh dokumen secara komprehensif dan relevan (Bartol, 2023; Bramer *et al.*, 2017). Kueri pencarian disusun sebagai berikut (dijalankan pada basis data Scopus pada tanggal 9 Mei 2025).

TITLE-ABS-KEY (("ecological" OR "environmental" OR "sustainability" OR "biodiversity" OR "ecosystem") AND ("economic" OR "financial" OR "market" OR "livelihood") AND ("social" OR "sociocultural" OR "community" OR "participation") AND ("policy" OR "policies" OR "governance" OR "management" OR "regulation" OR "law" OR "legislation") AND ("aquaculture" OR "fish farming" OR "mariculture" OR "aquatic farming" OR "shrimp farming"))

Kata kunci di atas mencakup dimensi lingkungan (*ecological, environmental, sustainability, biodiversity, ecosystem*), ekonomi (*economic, financial, market, livelihood*), sosial (*social, sociocultural, community, participation*), dan kebijakan (*policy, governance, regulation, law, legislation*) dalam konteks akuakultur berkelanjutan, dan mengecualikan dokumen berupa ulasan (*review*), survei, atau studi berbasis hewan/manusia. Untuk memastikan relevansi, pencarian juga dibatasi pada artikel yang telah terbit (termasuk *in press*), serta hanya mencakup negara tertentu, yaitu Amerika Serikat, Inggris, Tiongkok, Australia, Indonesia, India, Kanada, Jerman, Spanyol, dan Italia. Artikel yang terpilih untuk analisis berasal dari bidang disiplin yang relevan: *Environmental Sciences, Agricultural Sciences, Social Sciences, Economics,*

Business, dan Decision Sciences.

Analisis Data

Hasil pencarian yang memenuhi kriteria seleksi diperoleh sebanyak 345 dokumen. Data yang terkumpul kemudian dibersihkan terlebih dahulu sebelum analisis, sesuai praktik *data cleaning* dalam studi bibliometrik (Krause, 2021). Proses pembersihan data dilakukan dengan perangkat lunak Openrefine (Alzu'bi *et al.*, 2024; Rosli *et al.*, 2024). Menurut Parulian (2023), tahap pembersihan data meliputi pengimporan data mentah yang belum terstruktur, transformasi data (misalnya standarisasi format), penghapusan dupikasi, eliminasi kolom tidak relevan, penggabungan entri kata kunci yang serupa (*kustering*), serta pengelompokan kategori (*faceting*) untuk menghasilkan *dataset* yang lebih terstruktur dan konsisten. Proses ini bertujuan menyiapkan data yang bersih sehingga mudah dianalisis (Zhang *et al.*, 2025). Data yang telah terharmonisasi selanjutnya dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer untuk visualisasi bibliometrik serta Microsoft Excel untuk analisis statistik dan pengolahan data numerik. Langkah-langkah analisis bibliometrik dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Langkah Langkah Analisis Bibliometrik (Muhammad *et al.*, 2022)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis kuantitatif menunjukkan adanya tren pertumbuhan publikasi yang dinamis terkait akuakultur berkelanjutan selama dekade terakhir. Secara total, jumlah publikasi per tahun cenderung meningkat dengan beberapa fluktuasi kecil yang berkaitan dengan situasi global, seperti pandemi Covid-19. Hasil analisis mencari data berdasarkan *co-authorship, keyword co-occurrence, citation, bibliographic coupling*, dan *co-citation map based on bibliographic data* menunjukkan bahwa dari 734 kata kunci yang dianalisis, 55 kata kunci memenuhi ambang batas dengan jumlah kemunculan minimal 5 kali. Selanjutnya, sebanyak 38 kata kunci dipilih untuk dianalisis lebih lanjut. Rincian jumlah publikasi per tahun beserta negara kontributor utama dan kata kunci dominan dapat dilihat pada Tabel 1.

Terlihat bahwa 2023 merupakan tahun dengan jumlah publikasi tertinggi (50 dokumen), diikuti 2024 (47 dokumen). Peningkatan signifikan pada 2021–2023 mengindikasikan pemulihan produktivitas penelitian pasca pandemi Covid-19. Sebaliknya, penurunan jumlah publikasi pada 2019 (25 dokumen) dan 2020 (27 dokumen) dapat dikaitkan dengan gangguan pandemi yang memengaruhi kegiatan riset. Meskipun demikian, lonjakan kembali di 2021–2023 menunjukkan resiliensi komunitas ilmiah dalam mengembangkan penelitian akuakultur berkelanjutan. Proyeksi sementara untuk 2025 (36 dokumen hingga Mei 2025) mengindikasikan potensi pencapaian angka publikasi yang stabil atau melebihi tahun sebelumnya, mengingat masih tersisa beberapa bulan di tahun tersebut. Secara umum, tren peningkatan ini sejalan dengan meningkatnya perhatian global terhadap *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 14 (*Life Below Water*) dan SDG 2 (*Zero Hunger*), yang mendorong akuakultur berkelanjutan sebagai solusi strategis untuk ketahanan pangan global dan konservasi ekosistem laut (Béné *et al.*, 2016; FAO, 2022).

Tabel 1. Tren Publikasi Ilmiah bidang Akuakultur Berkelanjutan: Jumlah Publikasi, Negara Teratas, dan Kata Kunci Dominan (2015-2025)

Tahun	Jumlah Publikasi	Top 3 Negara (jumlah publikasi)	Top 3 kata kunci dominan
2025	36 Dokumen	AS (12), Tiongkok, Jerman (7), Australia, India (6)	<i>Aquaculture, Sustainability, Climate Change</i>
2024	47 Dokumen	AS (13), Tiongkok (12), Indonesia (8)	<i>Aquaculture, Sustainability, Mangrove</i>
2023	50 Dokumen	Tiongkok (13), US (11), (10)	<i>Aquaculture, Sustainability, Climate Change</i>
2022	35 Dokumen	Australia (9), Tiongkok (7), AS (6)	<i>Sustainability, Aquaculture, Climate Change</i>
2021	37 Dokumen	US (8), Tiongkok, Australia (7), Spanyol, Inggris 6)	<i>Aquaculture, Sustainability, Blue Economy, Ecosystem Service</i>
2020	27 Dokumen	Inggris (8), Australia (6), Jerman (10)	<i>Aquaculture, Sustainability, Climate Change</i>
2019	25 Dokumen	Inggris (7), Australia, Kanada, Jerman, Indonesia, Inggris (4), India (2)	<i>Sustainability, Ecosystem Service, Aquaculture</i>
2018	20 Dokumen	Inggris (7), AS (4), Australia, Jerman, Indonesia (3), Kanada (2)	<i>Sustainability, Aquaculture, Ecosystem Service</i>
2017	20 Dokumen	AS (7), Inggris (6), Spanyol (5)	<i>Aquaculture, Sustainability, Ecosystem Service,</i>
2016	23 Dokumen	Inggris (12), Kanada (8), Australia (6)	<i>Aquaculture, Ecosystem, Climate Change, Governance</i>
2015	25 Dokumen	AS (8), Inggris (6), Jerman (4)	<i>Aquaculture, Sustainability, Ecosystem Service</i>

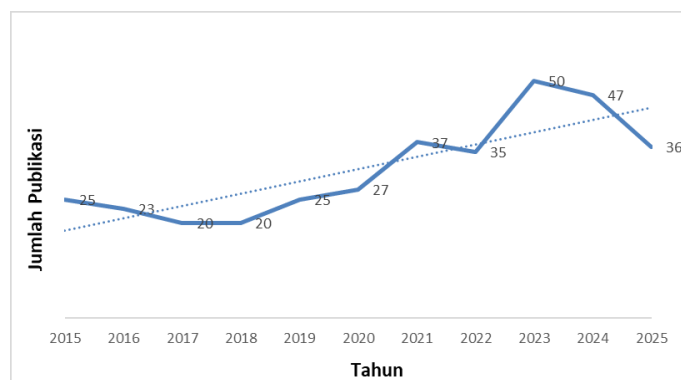
PEMBAHASAN

1. Tren Publikasi Akuakultur Berkelanjutan (2015-2025)

Tren publikasi akuakultur berkelanjutan menunjukkan pola pertumbuhan yang dinamis selama periode 2015-2025 (Tabel 1). Kenaikan tertinggi jumlah publikasi terjadi pada 2023 (50 dokumen), melampaui puncak sebelumnya pada 2024 (47 dokumen). Peningkatan ini mengindikasikan minat riset yang kian besar terhadap topik akuakultur berkelanjutan, terutama setelah meredanya pandemi Covid-19. Lonjakan pascapandemi ini didorong oleh meningkatnya kesadaran global akan pentingnya sistem pangan tangguh dan berkelanjutan dalam menghadapi krisis kesehatan dan perubahan iklim. Sebaliknya, penurunan publikasi pada 2019-2020 kemungkinan besar dipengaruhi oleh kendala lapangan dan laboratorium selama masa pandemi,

yang menurunkan produktivitas penelitian. Namun, pemulihan cepat pada 2021-2023 menunjukkan adaptasi dan resiliensi para peneliti dalam melanjutkan agenda riset akuakultur berkelanjutan.

Tren peningkatan publikasi ini selaras dengan perhatian global terhadap pencapaian target pembangunan berkelanjutan. Inisiatif internasional seperti SDG 14 (kelestarian ekosistem laut) dan SDG 2 (ketahanan pangan) memberi dorongan kuat pada riset akuakultur berkelanjutan sebagai upaya memenuhi kebutuhan protein global tanpa mengorbankan lingkungan. Dengan demikian, perkembangan literatur di bidang ini mencerminkan respons komunitas ilmiah terhadap tantangan kontemporer, sekaligus memberikan landasan ilmiah bagi pembuatan kebijakan di sektor perikanan budidaya. Tren publikasi akuakultur berkelanjutan dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Tren Publikasi Akuakultur Berkelanjutan Tahun 2015-2025

2. Distribusi Geografis dan Pola Kontribusi Global

Analisis distribusi geografis publikasi menunjukkan dominasi negara-negara maju dalam kontribusi penelitian akuakultur berkelanjutan. Amerika Serikat (AS) secara konsisten muncul sebagai kontributor utama sepanjang periode studi, dengan puncak jumlah publikasi pada tahun 2024 (13 publikasi) dan 2025 (12 publikasi). Fokus penelitian AS banyak terkait dengan keberlanjutan akuakultur dan dampak perubahan iklim terhadap ekosistem perairan. Tiongkok menunjukkan tren yang menonjol, dari kontribusi moderat pada 2015-2019 menjadi salah satu penyumbang terbesar pada 2022-2025. Hal ini mencerminkan komitmen Tiongkok dalam mengembangkan akuakultur berkelanjutan sebagai bagian dari strategi ekonomi biru nasional mereka (Zhao & Li, 2023).

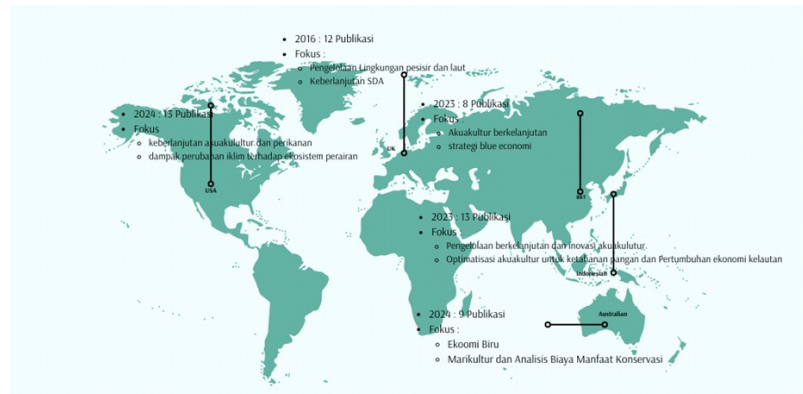
Kehadiran Indonesia dalam jajaran tiga besar negara pada 2024 (dengan 8 publikasi) merupakan pencapaian signifikan, mengingat Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar memiliki potensi akuakultur yang sangat besar (Hermawan, 2018). Peningkatan kontribusi publikasi dari Indonesia mencerminkan perhatian yang semakin besar terhadap riset akuakultur di tingkat nasional, terutama menyangkut pengelolaan berkelanjutan dan inovasi teknologi akuakultur. Hal ini sejalan dengan potensi sumber daya alam Indonesia yang melimpah serta arah kebijakan nasional yang berupaya mengoptimalkan sektor akuakultur sebagai penggerak ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi kelautan (Nugroho *et al.*, 2022).

Negara maju lain seperti Australia dan Inggris juga menunjukkan kontribusi konsisten. Australia relatif dominan pada periode 2016-2022 dengan fokus riset

pada konsep ekonomi biru, marikultur, serta analisis biaya-manfaat untuk konservasi. Sementara itu, Inggris memiliki kontribusi kuat pada 2018-2020 dengan fokus kepada pengelolaan lingkungan pesisir, pemilihan lokasi budi daya, implikasi kebijakan ekonomi kelautan, dan analisis biaya-manfaat konservasi. Pola ini mencerminkan komitmen kedua negara tersebut terhadap riset kelautan dan pengembangan teknologi akuakultur yang berkelanjutan (Mdoe *et al.*, 2024; Rickard *et al.*, 2020). Perbedaan fokus di masing-masing negara umumnya disesuaikan dengan tantangan, kebutuhan, dan prioritas kebijakan nasional mereka. Visualisasi peta dunia (Gambar 3) menunjukkan konsentrasi publikasi tertinggi berasal dari belahan bumi utara (Amerika Utara, Eropa, Asia Timur) sementara belahan bumi selatan (termasuk Asia Tenggara, Afrika) relatif lebih rendah kontribusinya, menandakan perlunya peningkatan kapasitas riset di negara berkembang,

3. Evolusi Kata Kunci Dominan dan Fokus Penelitian

Analisis kata kunci dominan mengungkapkan evolusi fokus penelitian akuakultur berkelanjutan dari tahun ke tahun. Kata kunci "*aquaculture*" dan "*sustainability*" konsisten menduduki posisi teratas sepanjang 2015-2025, mengindikasikan bahwa *core concept* praktik akuakultur yang berkelanjutan menjadi benang merah dalam literatur. Munculnya "*climate change*" sebagai kata kunci dominan di beberapa tahun (2019, 2022, 2023, 2025) menunjukkan meningkatkan perhatian terhadap adaptasi dan mitigasi perubahan iklim dalam praktik akuakultur (Comte, 2021). Hal ini sejalan dengan kian seringnya fenomena cuaca ekstrem yang memengaruhi produktivitas akuakultur global (Asritha *et al.*, 2024; Moss *et al.*, 2024).



Gambar 3. Distribusi Geografis dan Fokus Penelitian

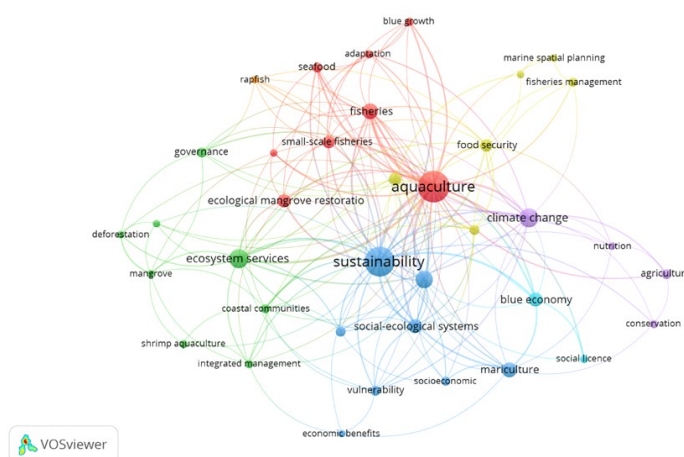
Kata kunci "*Blue economy*" muncul dominan pada 2021, mencerminkan pergeseran paradigma ke arah ekonomi kelautan berkelanjutan. Konsep ekonomi biru ini mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi dengan konservasi ekosistem laut, yang menjadi sangat relevan dalam konteks akuakultur modern (Campbell *et al.*, 2020). Sementara itu, kemunculan "*Ecosystem service*" dan "*governance*" pada beberapa tahun menegaskan pemahaman bahwa akuakultur berkelanjutan tidak semata soal produksi, namun juga kontribusinya terhadap layanan ekosistem dan pentingnya tata kelola yang baik (Engle & Van Senten, 2022; Weitzman, 2019).

Perkembangan fokus tematik ini menunjukkan bahwa bidang akuakultur berkelanjutan semakin mengadopsi pendekatan multidisiplin. Jika pada awalnya perhatian riset lebih banyak pada aspek produksi dan efisiensi teknis, maka memasuki dekade 2020-an perhatian meluas ke isu perubahan iklim, jasa ekosistem, partisipasi sosial, dan integrasi ekonomi-lingkungan. Perubahan prioritas kata kunci dari tahun ke tahun (divisualisasikan dalam *overlay visualization* bibliometrik) memperlihatkan topik-topik baru bermunculan seiring munculnya tantangan dan agenda global terbaru. Misalnya, terminologi seperti "*marine spatial planning*", "*social license*", dan "*ecosystem services*" semakin sering muncul di tahun-tahun terakhir, mencerminkan kesadaran akan pentingnya tata ruang laut yang terintegrasi, penerimaan sosial terhadap usaha akuakultur, serta peran jasa ekosistem dalam menunjang keberlanjutan. Hal ini menegaskan bahwa penelitian akuakultur berkelanjutan mengalami diversifikasi dan pendalaman tema sejalan dengan kebutuhan global untuk menjawab isu-isu kontemporer.

Analisis Jaringan Konseptual (*Co-occurrence Keyword Network*)

Pemetaan sains dalam penelitian akuakultur berkelanjutan dilakukan dengan analisis bibliometrik menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Metode ini menghasilkan tiga jenis visualisasi utama: *network visualization*, *overlay visualization*, dan *density visualization* (Bukar *et al.*, 2023; Xu, 2025). Visualisasi jaringan kata kunci (*keyword co-occurrence*) membantu mengungkap pola kemunculan dan keterkaitan antar kata kunci dalam literatur ilmiah, sehingga dapat diidentifikasi tema-tema utama serta evolusi fokus penelitian sepanjang periode studi. Peta Jaringan *Co-occurrence Keyword Network* dari publikasi 2015-2025 ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut, setiap mode (lingkaran) merepresentasikan suatu kata kunci dan garis penghubung menunjukkan keterkaitan (kemunculan bersama antar kata kunci).

Pada visualisasi jaringan tersebut, VOSviewer mengelompokkan kata kunci ke dalam beberapa klaster berwarna berdasarkan kedekatan hubungan. Ukuran lingkaran merefleksikan frekuensi kemunculan kata kunci, sedangkan kedekatan dan ketebalan garis menunjukkan seberapa sering kata kunci tersebut muncul bersama dalam dokumen yang sama. Hasil analisis mengidentifikasi klaster utama yang mencerminkan fokus multidimensi riset akuakultur berkelanjutan, yakni dimensi (i) ekologi-lingkungan, (ii) ekonomi, (iii) sosial, dan (iv) kebijakan beserta sub-tema spesifiknya.



Gambar 4. Peta Jaringan Kata Kunci (Keyword Co-occurrence Network) dalam Penelitian Akuakultur Berkelanjutan (2015–2025).

Pada Peta Jaringan (Gambar 4), setiap lingkaran berwarna menggambarkan kluster kata kunci yang saling terkait, dengan ukuran lingkaran menunjukkan frekuensi kemunculan kata kunci tersebut. Visualisasi ini mengungkap beberapa kluster utama yang mencerminkan fokus multidimensi dalam penelitian akuakultur berkelanjutan, yakni dimensi ekologi-lingkungan, ekonomi, sosial, dan kebijakan. Dimensi ekologi-lingkungan terlihat jelas melalui dominasi kata kunci seperti “*sustainability*”, “*climate change*”, dan “*ecosystem services*”, yang mencerminkan perhatian besar terhadap konservasi habitat pesisir dan restorasi ekosistem, terutama mangrove (Patterson, 2019). Aspek ini menegaskan bahwa keberlanjutan lingkungan menjadi dasar utama dalam praktik akuakultur yang adaptif terhadap perubahan iklim dan tekanan ekologis.

Dimensi ekonomi tercermin melalui konsep “*blue economy*” dan “*mangrove aquaculture*”, yang menunjukkan pergeseran paradigma ekonomi dari orientasi pada profit maksimal menuju penghargaan terhadap nilai ekonomi jasa ekosistem pesisir (Himes Cornell *et al.*, 2018; Midlen, 2021). Pendekatan ekonomi yang holistik ini mengintegrasikan manfaat ekonomi dengan konservasi lingkungan dan kesejahteraan sosial, menandai perkembangan pemikiran berkelanjutan dalam sektor akuakultur.

Meskipun dimensi sosial tidak selalu dominan dalam kata kunci utama, kehadiran kata seperti “*governance*”, “*coastal communities*”, dan “*social-ecological systems*” mengindikasikan pentingnya partisipasi *stakeholder* serta pengelolaan berbasis komunitas dalam model sosial-ekologi yang terintegrasi (Ernst *et al.*, 2019; M. Silva *et al.*,

2019). Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan keberlanjutan akuakultur tidak hanya bergantung pada aspek teknis dan ekonomi, tetapi juga pada tata kelola yang inklusif dan responsif terhadap kebutuhan sosial masyarakat pesisir.

Dimensi kebijakan, yang terwakili oleh kemunculan kata “*governance*” sebagai penghubung antar kluster, menekankan peran penting kerangka regulasi yang komprehensif dalam mendukung praktik akuakultur berkelanjutan. Kebijakan yang adaptif dan responsif menjadi faktor kunci dalam mengharmonisasikan aspek ekologis, ekonomi, dan sosial untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (Hishamunda *et al.*, 2014; Hishamunda & Subasinghe, 2003).

Untuk memperinci struktur tematik tersebut, analisis klusterisasi kata kunci mengelompokkan istilah-istilah utama ke dalam tujuh kluster warna yang merepresentasikan fokus riset yang lebih spesifik, yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Kluster pertama, yang ditandai dengan warna merah, berisi kata kunci seperti “*adaptation*”, “*aquaculture*”, “*blue growth*”, “*diversity*”, dan “*ecological mangrove restoration*”. Fokus riset dalam kluster ini terpusat pada pengembangan teknologi akuakultur dan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim serta tekanan lingkungan. Penekanan pada “*blue growth*” menggarisbawahi pentingnya pemanfaatan laut secara berkelanjutan dalam menghadapi tantangan global (Ba^ohan & Çetinkaya, 2024; Bennett *et al.*, 2023; Froehlich *et al.*, 2018). Selain itu, adaptasi dalam konteks produksi juga melibatkan pemanfaatan mangrove sebagai habitat restorasi yang mendukung keberlanjutan budi daya akuakultur (Jiang *et al.*, 2025).

Tabel 2. Klaster Kata Kunci Utama, Fokus Riset, dan Contoh Kata Kunci Terkait Akuakultur Berkelanjutan

Klaster	Fokus Utama	Kata Kunci
1 (Merah)	Adaptasi & Produksi Akuakultur	<i>adaptation, aquaculture, blue growth, mangrove restoration</i>
2 (Hijau)	Ekologi & Konservasi	<i>coastal communities, ecosystem service, governance, mangrove</i>
3 (Biru)	Lingkungan	<i>economic benefit, social-ecological system, blue economy, management</i>
4 (Kuning)	Sosial & Ekonomi	<i>fisheries management, food security, livelihoods, marine spatial planning</i>
5 (Ungu)	Pengelolaan Perikanan & Ketahanan Pangan	<i>climate change, conservation, agriculture, nutrition</i>
6 (Biru muda)	Perubahan Iklim & Konservasi	<i>blue economy, social licence</i>
7 (Oranye)	Ekonomi Biru & Lisensi Sosial	<i>Rapfish (Rapid Appraisal for Fisheries)</i>
	Metode Penilaian Keberlanjutan	

Klaster kedua, yang ditandai dengan warna hijau, mencakup kata kunci seperti “*coastal communities*”, “*deforestation*”, “*ecosystem service*”, “*governance*”, “*integrated management*”, “*mangrove*”, “*remote sensing*”, dan “*shrimp aquaculture*”. Fokus riset pada klaster ini lebih mengarah pada konservasi habitat pesisir dan jasa ekosistem yang dihasilkannya, yang sangat penting dalam model akuakultur berkelanjutan (Ghosh *et al.*, 2024; Weitzman, 2019). Teknologi seperti “*remote sensing*” memainkan peran penting dalam pemantauan, pengelolaan, dan pengambilan keputusan terkait akuakultur yang berkelanjutan (McCarthy *et al.*, 2017), memungkinkan pengelolaan yang lebih efisien dan tepat sasaran.

Klaster ketiga, yang ditandai dengan warna biru, berisi kata kunci seperti “*economic benefit*”, “*environmental sustainability*”, “*management*”, “*mariculture*”, “*social-ecological system*”, “*socioeconomic*”, “*sustainability*”, dan “*vulnerability*”. Fokus riset dalam klaster ini menunjukkan pentingnya integrasi aspek ekonomi dan sosial dalam akuakultur, dengan penekanan pada peran “*blue economy*” dalam menciptakan manfaat ekonomi sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan (Cisneros Montemayor *et al.*, 2022; Djoric, 2022; Singh & Kumar, 2024). Keberhasilan akuakultur berkelanjutan membutuhkan pendekatan yang melibatkan masyarakat serta strategi pengelolaan risiko yang baik, bukan hanya fokus pada aspek teknis semata.

Klaster keempat, yang ditandai dengan warna kuning, memuat kata kunci seperti “*fish farming*”, “*fisheries management*”, “*food security*”, “*livelihoods*”, “*marine spatial planning*”, dan “*resilience*”. Fokus riset dalam klaster ini mengarah pada tata kelola perikanan

yang berkelanjutan dan kontribusinya terhadap ketahanan pangan serta mata pencaharian masyarakat pesisir (Diedrich *et al.*, 2019; FAO, 2022). “*Marine spatial planning*” muncul sebagai alat penting dalam pengelolaan sumber daya laut, mengadopsi pendekatan yang seimbang antara aspek sosial-ekonomi dan ekologi, untuk mendukung keberlanjutan jangka panjang.

Klaster kelima, yang ditandai dengan warna ungu, berisi kata kunci seperti “*agriculture*”, “*climate change*”, “*conservation*”, dan “*nutrition*”. Fokus riset dalam klaster ini terutama berkaitan dengan perubahan iklim dan konservasi. Penekanan pada perubahan iklim menggarisbawahi tantangan utama yang dihadapi sektor akuakultur, yang harus mengembangkan praktik dan teknologi adaptif untuk menghadapi kondisi iklim yang semakin ekstrem (S. Silva *et al.*, 2013). Konservasi lingkungan dan pengelolaan nutrisi yang optimal juga menjadi faktor penting dalam menjaga ekosistem yang sehat dan mendukung hasil akuakultur yang berkualitas tinggi, yang pada akhirnya berkontribusi pada ketahanan pangan global.

Klaster keenam, yang ditandai dengan warna biru muda, mencakup kata kunci seperti “*blue economy*” dan “*social licence*”. Fokus riset dalam klaster ini menunjukkan keterkaitan antara ekonomi biru dan penerimaan sosial. Konsep “*blue economy*” menggabungkan pertumbuhan ekonomi dengan konservasi ekosistem laut, sementara “*social licence*” menyoroti pentingnya penerimaan dan partisipasi masyarakat lokal dalam mendukung praktik akuakultur yang bertanggung jawab (Mather & Fanning, 2019; Whitmore *et al.*, 2024). Penerimaan

sosial yang luas menjadi salah satu pilar penting untuk menjamin keberhasilan dalam penerapan ekonomi biru yang berkelanjutan.

Klaster ketujuh, yang ditandai dengan warna oranye, hanya terdiri dari satu item, yakni “*Rapfish*” (*Rapid Appraisal for Fisheries*), sebuah metode penilaian keberlanjutan yang digunakan untuk mengevaluasi berbagai dimensi ekologi, ekonomi, dan sosial secara terukur dan sistematis (Suryana *et al.*, 2012). Keberadaan kata kunci ini menunjukkan pendekatan metodologis yang komprehensif dan terukur yang penting dalam menilai keberlanjutan praktik akuakultur dan perikanan.

Visualisasi jaringan kata kunci dan klasterisasi di atas menunjukkan bahwa riset akuakultur berkelanjutan sudah mencakup spektrum yang luas dari isu teknis hingga sosial. Analisis integratif lintas-klaster lebih lanjut mengungkap beberapa pola hubungan antardimensi keberlanjutan akuakultur.

Pertama, terdapat sinergi antara Klaster 1 (Adaptasi & Produksi), Klaster 2 (Ekologi & Konservasi), dan Klaster 3 (Sosial & Ekonomi). Hal ini menunjukkan bahwa upaya restorasi mangrove tidak hanya berfungsi sebagai strategi adaptasi ekologis, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi berupa jasa ekosistem (seperti penyangga alami pantai dan habitat perikanan) yang bernilai tinggi, serta potensi meningkatkan penghidupan masyarakat pesisir. Keterhubungan ini menciptakan konsep “*nature-based solutions*” dalam akuakultur, dimana solusi alami memberikan keuntungan ekologis sekaligus ekonomi-sosial.

Kedua, interkoneksi antara Klaster 2 (Ekologi), Klaster 4 (Pengelolaan Perikanan/Pangan), dan Klaster 6 (Ekonomi Biru & Sosial) menegaskan pentingnya tata kelola yang inklusif dan perencanaan ruang laut partisipatif untuk mencapai keberlanjutan sosial dalam akuakultur. Artinya, aspek konservasi ekosistem (Klaster 2) dan pengaturan ruang/pengelolaan perikanan (Klaster 4) harus dijalankan dengan memperhatikan penerimaan sosial dan keterlibatan komunitas (Klaster 6). Ini sejalan dengan prinsip “*social license to operate*”, bahwa dukungan masyarakat lokal merupakan faktor kunci keberhasilan kebijakan dan proyek akuakultur.

Selanjutnya, konvergensi antara Klaster 1 (Adaptasi Produksi), Klaster 5 (Perubahan Iklim & Konservasi), dan Klaster 6 (Ekonomi Biru & Sosial) membentuk *framework* teknologi-ekonomi yang responsif terhadap perubahan iklim. Hal ini

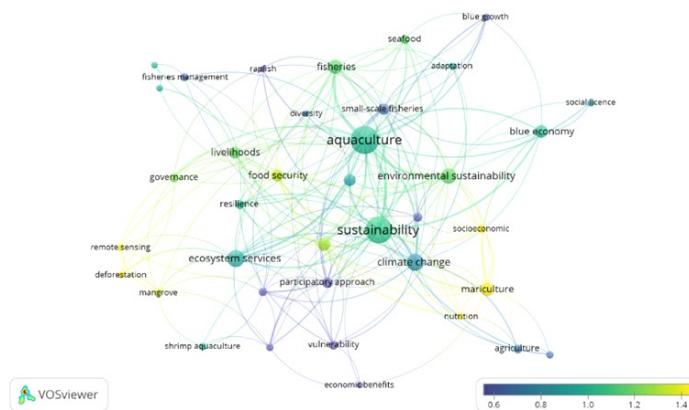
menunjukkan bahwa inovasi teknologi akuakultur (seperti sistem budi daya tahan iklim, pakan rendah emisi, dll) harus sejalan dengan prinsip ekonomi biru yang berkelanjutan dan mendapat dukungan masyarakat. Dengan kata lain, adaptasi teknologi dalam akuakultur perlu mempertimbangkan keberlanjutan ekonomi (efisiensi dan profitabilitas jangka panjang) sekaligus memenuhi kriteria lingkungan serta memperoleh legitimasi sosial.

Terakhir, Klaster 7 (*Rapfish*) berfungsi sebagai metodologi integratif yang menjembatani semua dimensi dalam penilaian keberlanjutan akuakultur. Kehadiran metode ini di jaringan kata kunci menandakan pentingnya pendekatan sistemik dan *framework penilaian terintegrasi*.

Pola umpan balik (*feedback loop*) antar dimensi juga teridentifikasi, misalnya bagaimana jasa ekosistem (*ecosystem service*) mempengaruhi manfaat ekonomi (*economic benefit*), atau *social licence* dipengaruhi oleh kinerja lingkungan dan ekonomi suatu usaha budi daya. Temuan-temuan ini menegaskan evolusi paradigma akuakultur dari pendekatan sektoral terpisah menuju pendekatan integratif yang mengakui perlunya *co-optimization* seluruh dimensi keberlanjutan.

Temuan jaringan konseptual di atas memiliki implikasi penting bagi arah riset dan kebijakan. Di satu sisi, komunitas ilmiah dapat mengidentifikasi area mana yang telah banyak diteliti dan area mana yang masih kurang (misalnya, jika aspek sosial-kebijakan terlihat kurang menonjol dalam *density visualization*, berarti dibutuhkan riset lebih lanjut di area tersebut). Di sisi lain, pembuat kebijakan dapat melihat gambaran menyeluruh topik-topik kunci yang saling terkait, sehingga dapat merumuskan kebijakan yang lebih komprehensif. Secara umum, analisis bibliometrik ini menegaskan bahwa akuakultur berkelanjutan adalah bidang interdisipliner, yaitu kemajuan nyata baru akan tercapai jika keempat dimensi (ekologi, ekonomi, sosial, kebijakan) dioptimalkan secara simultan.

Untuk memahami perubahan fokus penelitian sepanjang dekade, analisis *overlay visualization* dilakukan terhadap peta jaringan kata kunci. Gambar 5 menampilkan visualisasi *overlay* yang memetakan evolusi tren penelitian akuakultur berkelanjutan 2015-2025 dengan gradasi warna menurut rata-rata tahun kemunculan kata kunci. Warna kuning menandakan tahun publikasi lebih baru dan sedang naik daun serta warna kebiruan menandakan publikasi yang lebih lama (Purba *et al.*, 2024).



GAMBAR 5. OVERLAY VISUALIZATION TREN TEMPORAL KATA KUNCI DALAM STUDI AKUAKULTUR BERKELANJUTAN (2015–2025).

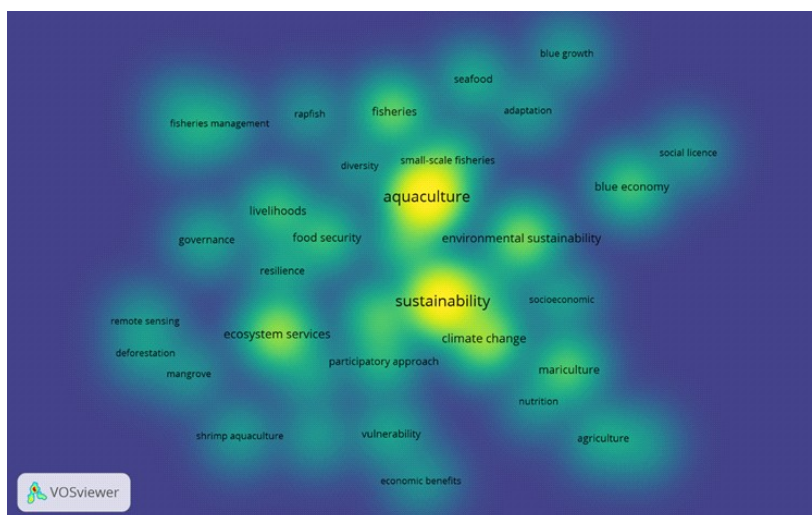
Dari visualisasi temporal tersebut dapat dilihat bahwa kata kunci klasik seperti *“aquaculture”* dan *“sustainability”* tetap menjadi fondasi utama penelitian sepanjang periode, menegaskan bahwa fokus pada praktik akuakultur berkelanjutan selalu relevan (FAO, 2022; Gupta, 2015). Namun demikian, terjadi pergeseran signifikan dalam dekade terakhir, yaitu kemunculan kata kunci seperti *“climate change”*, *“adaptation”*, dan *“blue economy”* yang semakin intens terutama di paruh akhir periode (2020-2025). Hal ini menandai bahwa komunitas riset akuakultur menyesuaikan agenda dengan tantangan perubahan iklim dan mengadopsi prinsip ekonomi biru untuk mendukung praktik akuakultur berkelanjutan (Ahmed *et al.*, 2018; Bennett *et al.*, 2023; Khoirun Rizky *et al.*, 2025).

Selain itu, istilah seperti *“marine spatial planning”*, *“social licence”*, dan *“ecosystem services”* muncul dengan frekuensi lebih tinggi di tahun-tahun mutakhir. Hal ini mencerminkan peningkatan kesadaran atas pentingnya tata kelola ruang laut yang terintegrasi, pengakuan sosial terhadap aktivitas akuakultur, dan peran jasa ekosistem dalam mendukung keberlanjutan (Falconer *et al.*, 2023; Sundsvold & Armstrong, 2019). Dengan kata lain, fokus penelitian bergeser dari sekadar peningkatan produksi, menuju keseimbangan ekologi, ekonomi, dan sosial dalam praktik akuakultur.

Pergeseran tematik yang teramati melalui *overlay visualization* ini relevan dengan konteks

global: isu perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan tuntutan keterlibatan masyarakat lokal semakin menjadi arus utama diskursus ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa bidang akuakultur berkelanjutan berkembang tidak hanya dalam kuantitas publikasi, tetapi juga dalam keragaman dan kedalaman topik. Pendekatan multidimensi dan interdisipliner kian diadopsi, yang esensial untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan terkait ketahanan pangan dan konservasi lingkungan laut (Engle & Van Senten, 2022). Visualisasi temporal tersebut memberikan wawasan penting bahwa komunitas riset terus berinovasi dan menyesuaikan fokus kajian sesuai kebutuhan zaman, misalnya dengan mengedepankan penelitian adaptasi iklim, ekonomi biru, dan tata kelola partisipatif di sektor akuakultur.

Setelah mengamati tren temporal dan perkembangan fokus penelitian melalui *overlay visualization*, Gambar 6 menyajikan *density visualization* yang mengidentifikasi area konsentrasi penelitian dengan intensitas kemunculan kata kunci tertinggi dalam jaringan konseptual. Visualisasi ini membantu memperjelas tema-tema utama yang paling dominan dan mendapat perhatian intens dalam literatur akuakultur berkelanjutan. Pada visualisasi densitas, area berwarna terang menandakan topik yang paling banyak diteliti, sedangkan area gelap menunjukkan topik yang relatif kurang mendapat perhatian.



Gambar 6. Density Visualization Konsentrasi Penelitian Akuakultur Berkelanjutan.

Dari visualisasi densitas, tampak bahwa aspek lingkungan dan perubahan iklim (ditandai oleh kata kunci seperti “*sustainability*”, “*climate change*”, “*ecosystem*”) muncul sebagai area terang dengan kepadatan tinggi. Hal ini menegaskan bahwa dimensi ekologis masih menjadi pusat perhatian utama dalam riset akuakultur berkelanjutan, sejalan dengan urgensi isu perubahan iklim global. Di sisi lain, aspek kebijakan sosial dan ekonomi berkelanjutan tampak memiliki densitas yang lebih rendah dibanding aspek lingkungan. Misalnya, kata kunci terkait tata kelola, partisipasi komunitas, atau model ekonomi biru tidak sepadat kata kunci lingkungan. Ini mengindikasikan adanya kesenjangan riset yang perlu diisi – yakni perlunya memperkuat penelitian di bidang tata kelola, pemberdayaan masyarakat, dan integrasi ekonomi-sosial dalam akuakultur berkelanjutan.

Fokus penelitian akuakultur saat ini nampak mulai bergeser dari sekadar efisiensi produksi ke arah adaptasi terhadap perubahan iklim dan inovasi kebijakan ekonomi biru. Berbagai penelitian terkini menyoroti teknologi adaptasi seperti sistem budi daya tahan suhu tinggi/salinity ekstrem, penggunaan pakan ramah lingkungan, serta model *integrated multi-trophic aquaculture* (IMTA) untuk meningkatkan resiliensi terhadap perubahan iklim. Selain itu, pengelolaan ruang laut secara holistik melalui *marine spatial planning* menjadi agenda penting untuk mengurangi konflik pemanfaatan ruang antara konservasi dan budi daya. Visualisasi densitas membantu memetakan kondisi riset saat ini dan mengidentifikasi prioritas riset masa depan. Hasil yang terlihat di Gambar 6 mengisyaratkan bahwa memperkuat dimensi sosial-kebijakan (misalnya studi tentang *governance* inovatif, model partisipasi masyarakat, mekanisme *social*

license) merupakan salah satu rekomendasi hasil analisis bibliometrik ini.

Secara keseluruhan, penggunaan *density visualization* sebagai alat analisis strategis menunjukkan area mana yang telah banyak diteliti dan area mana yang masih *under-researched* untuk mendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). Temuan bahwa aspek lingkungan mendapat perhatian tinggi sedangkan aspek sosial-ekonomi berkelanjutan relatif lebih rendah, memberikan arahan bahwa penelitian di masa mendatang perlu lebih menitikberatkan integrasi keilmuan sosial (ekonomi, kebijakan publik, sosiologi) dengan sains lingkungan. Hal ini penting agar praktik akuakultur berkelanjutan yang dihasilkan tidak hanya efisien dan ramah lingkungan, tetapi juga berkeadilan sosial dan mendapat dukungan luas dari para pemangku kepentingan.

Implikasi Temuan terhadap Kebijakan Akuakultur Berkelanjutan

Hasil analisis bibliometrik yang mengintegrasikan keempat dimensi keberlanjutan mengungkap sejumlah pola dan tren penting dalam akuakultur berkelanjutan. Temuan multidimensional ini, di samping memberikan gambaran fokus riset dan kolaborasi global, juga mengindikasikan kebutuhan strategis yang mendesak dalam pengambilan keputusan terkait regulasi dan tata kelola sektor akuakultur. Oleh karena itu, pembahasan berikut menguraikan implikasi kebijakan dan rekomendasi strategis sebagai respons terhadap temuan ilmiah tersebut. Dengan landasan empiris yang kuat dari analisis bibliometrik, rekomendasi ini bertujuan

memperkuat kerangka regulasi serta mendukung praktik akuakultur yang berkelanjutan dan berdaya saing secara global.

Pertama, penguatan kolaborasi internasional muncul sebagai salah satu rekomendasi utama. Hasil penelitian menunjukkan negara-negara maju seperti AS, China, dan Australia mendominasi kontribusi penelitian, sementara banyak negara berkembang dengan potensi akuakultur besar masih tertinggal dalam publikasi ilmiah. Hal ini mengindikasikan perlunya program kolaborasi lintas negara untuk transfer teknologi, pertukaran pengetahuan, dan peningkatan kapasitas riset di negara berkembang (Reddy *et al.*, 2018). Kolaborasi internasional juga dapat mendorong harmonisasi standar lingkungan dan sosial dalam praktik akuakultur global, sehingga praktik berkelanjutan dapat diterapkan lebih merata.

Kedua, kebijakan dan regulasi harus mengadopsi pendekatan holistik yang menggabungkan keempat pilar keberlanjutan (ekologi, ekonomi, sosial, kebijakan). Kebijakan yang hanya fokus pada peningkatan produksi tanpa memperhitungkan dampak lingkungan, kesejahteraan sosial, dan tata kelola yang baik akan kurang efektif dan berpotensi menimbulkan masalah jangka panjang. Integrasi multi-dimensi dalam regulasi akan menghasilkan kebijakan yang lebih adaptif dan responsif terhadap berbagai tantangan, seperti perubahan iklim, konflik sosial, dan degradasi ekosistem (Çirkin & Özdağoğlu, 2022; Pörtner *et al.*, 2023). Pendekatan holistik ini juga selaras dengan upaya pencapaian SDGs, khususnya SDG 14 dan SDG 2 yang terkait erat dengan sektor akuakultur.

Ketiga, adaptasi terhadap perubahan iklim harus menjadi arus utama dalam kebijakan akuakultur. Perubahan suhu laut, peningkatan kejadian cuaca ekstrem, dan kenaikan permukaan air laut berdampak langsung pada produktivitas budidaya dan kesehatan ekosistem pendukungnya (Helbling *et al.*, 2024; Mugwanya *et al.*, 2022). Kebijakan publik perlu mendorong pengembangan teknologi budidaya tahan iklim (misalnya varietas tahan suhu, sistem *early warning* kualitas air, asuransi risiko iklim) serta konservasi habitat pendukung seperti mangrove yang terbukti membantu mitigasi dampak iklim (Froehlich *et al.*, 2018; Ha, 2012; Moss *et al.*, 2024). Insentif ekonomi, pendanaan riset terapan, dan program pelatihan adaptasi iklim bagi pembudidaya perlu diimplementasikan untuk meningkatkan kesiapan sektor ini menghadapi perubahan iklim.

Keempat, kebijakan akuakultur berkelanjutan harus

menitikberatkan penguatan kapasitas lokal dan pelibatan masyarakat. Studi-studi menunjukkan keberhasilan tata kelola akuakultur sangat bergantung pada keterlibatan aktif komunitas lokal sebagai pemangku kepentingan utama (Béné *et al.*, 2016). Oleh sebab itu, kebijakan harus memfasilitasi partisipasi masyarakat dalam proses pengambilan keputusan, misalnya melalui konsultasi publik dalam penentuan zonasi tambak atau pembentukan forum komunikasi antara pemerintah, peneliti, dan pembudidaya. Program pemberdayaan dan pendidikan bagi komunitas pesisir – seperti penyuluhan praktik budi daya ramah lingkungan, diversifikasi mata pencaharian, akses permodalan mikro – juga perlu diperkuat agar manfaat ekonomi akuakultur benar-benar dirasakan masyarakat bawah dan menciptakan rasa memiliki terhadap program-program keberlanjutan.

Kelima, kerangka regulasi yang komprehensif dan fleksibel sangat diperlukan. Regulasi perlu mencakup aspek teknis produksi (misal standar kualitas air, padat tebar optimal), perlindungan lingkungan (misal batas emisi limbah, zona konservasi), kesejahteraan sosial (misal perlindungan mata pencaharian nelayan tradisional, keamanan kerja pembudidaya), serta mekanisme pengawasan dan penegakan hukum yang efektif (Goeschl & Jürgens, 2012). Regulasi yang terlalu kaku dapat menghambat inovasi, sebaliknya regulasi yang longgar berisiko disalahgunakan. Karena itu, pendekatan *adaptive governance* disarankan – yakni regulasi yang dapat diperbarui seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan kondisi di lapangan.

Keenam, pemerintah perlu mendorong inovasi dan insentif untuk praktik berkelanjutan. Misalnya, skema insentif fiskal (subsidi, keringanan pajak) atau penghargaan bagi perusahaan akuakultur yang berhasil menurunkan jejak lingkungan dan menerapkan *corporate social responsibility* di komunitas pesisir. Di sisi lain, penegakan sanksi bagi pelanggaran (seperti pembuangan limbah sembarangan atau perusakan mangrove untuk tambak) harus diperkuat agar ada efek jera. Pendekatan *reward and punishment* ini akan mendorong dunia usaha untuk beralih ke praktik yang lebih bertanggung jawab.

Semua rekomendasi di atas bertujuan menciptakan ekosistem kebijakan yang sinergis antara ilmu pengetahuan, praktik lapangan, dan kebutuhan masyarakat. Dengan demikian, diharapkan percepatan transformasi akuakultur menuju model yang berkelanjutan dan berdaya saing dapat terwujud dalam konteks global yang dinamis.

SIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan kebijakan akuakultur yang berkelanjutan memerlukan pendekatan adaptif dan responsif terhadap tantangan yang ada, termasuk penggunaan teknologi pengawasan seperti pemantauan satelit dan sensor untuk memastikan kesesuaian dengan standar lingkungan dan sosial. Kebijakan harus mendukung pendidikan dan pelatihan bagi pelaku akuakultur agar dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem laut. Selain itu, perlu ada mekanisme insentif yang mendorong penerapan praktik berkelanjutan, seperti penghargaan atau insentif fiskal bagi perusahaan yang mengurangi jejak lingkungan mereka dan mendukung keberlanjutan sosial.

Pendekatan bibliometrik yang digunakan dalam penelitian ini membuka wawasan baru mengenai integrasi dimensi ekologi, ekonomi, sosial, dan kebijakan dalam keberlanjutan akuakultur. Temuan ini memberikan manfaat signifikan bagi pembuat kebijakan, industri, dan peneliti: (1) memberikan dasar empiris untuk kebijakan yang adaptif, (2) menyediakan rekomendasi praktik berkelanjutan bagi industri, dan (3) menawarkan peta riset untuk mengisi gap penelitian, khususnya terkait dampak ekonomi biru di negara berkembang.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan eksplorasi pendekatan transdisipliner antara ilmu sosial-ekologi dan pemodelan prediktif, serta studi kasus mendalam di wilayah dengan potensi akuakultur tinggi namun minim literatur. Kolaborasi internasional dan pengembangan teknologi adaptif untuk menghadapi perubahan iklim, serta pemberdayaan komunitas lokal, sangat penting untuk mendukung implementasi Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs). Kebijakan ekonomi biru yang inovatif harus mampu mengintegrasikan keberlanjutan lingkungan dengan pertumbuhan ekonomi untuk menciptakan ekosistem kebijakan yang sinergis antara ilmu pengetahuan, praktik lapangan, dan kebutuhan sosial, guna mendukung pengembangan akuakultur yang berkelanjutan dan berdaya saing secara global.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmed, N., Ward, J., Thompson, S., Saint, C., & Diana, J. (2018). Blue-Green Water Nexus in Aquaculture for Resilience to Climate Change. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26, 139–154. <https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1373743>

Alzu'bi, D., El-Heis, M., Alsoud, A. R., Almahmoud, M., & Abualigah, L. (2024). Classification model for reducing absenteeism of nurses at hospitals using machine learning and artificial neural network techniques. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 15(7), 3266–3278.

Asritha, A., Nischal, L., Rao, A., Reddy, B., Kumar, E., Lavanya, C., Sirisha, H., Ratnasree, A., Sadu, H., & Ganesh, G. (2024). Change in Climate and its Impact on Aquaculture Sector. *Uttar Pradesh Journal Of Zoology*. <https://doi.org/10.56557/upjoz/2024/v45i214632>

Bartol, T. (2023). Smallholders and small-scale agriculture: Mapping and visualization of knowledge domains and research trends. *Cogent Social Sciences*, 9(1), 2161778. <https://doi.org/10.1080/23311886.2022.2161778>

Ba°han, V., & Çetinkaya, A. (2024). Exploring Sustainable Strategies for Oceanic Development: A Blue Growth Perspective. *Environmental Research and Technology*. <https://doi.org/10.35208/ert.1478089>

Béné, C., Arthur, R., Norbury, H., Allison, E. H., Beveridge, M., Bush, S., Campling, L., Leschen, W., Little, D., & Squires, D. (2016). Contribution of fisheries and aquaculture to food security and poverty reduction: assessing the current evidence. *World Development*, 79, 177–196.

Bennett, M., March, A., & Failler, P. (2023). Blue Farming Potentials: Sustainable Ocean Farming Strategies in the Light of Climate Change Adaptation and Mitigation. *Green and Low-Carbon Economy*. <https://doi.org/10.47852/bonviewglce3202978>

Bhati, M., Goerlandt, F., & Pelot, R. (2025). Digital twin development towards integration into blue economy: A bibliometric analysis. *Ocean Engineering*, 317, 119781. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2024.119781>

Bramer, W. M., Rethlefsen, M. L., Kleijnen, J., & Franco, O. H. (2017). Optimal database combinations for literature searches in systematic reviews: a prospective exploratory study. *Systematic Reviews*, 6, 1–12.

Bukar, U. A., Sayeed, M. S., Razak, S. F. A., Yogarayan, S., Amodu, O. A., & Mahmood, R. A.

- R. (2023). A method for analyzing text using VOSviewer. *MethodsX*, 11, 102339. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102339>
- Campbell, L., Fairbanks, L., Murray, G., Stoll, J., D'Anna, L., & Bingham, J. (2020). From Blue Economy to Blue Communities: reorienting aquaculture expansion for community wellbeing. *Marine Policy*, 104361. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104361>
- Çirkin, E., & Özdağoğlu, A. (2022). Determining and Weighting the Sustainability Pillars: A Case Study in Petrochemical Industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://doi.org/10.46254/an12.20220872>
- Cisneros Montemayor, A., Ducros, A., Bennett, N., Fusco, L., Hessing Lewis, M., Singh, G., & Klain, S. (2022). Agreements and benefits in emerging ocean sectors: Are we moving towards an equitable Blue Economy? *Ocean & Coastal Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106097>
- Comte, A. (2021). *Recent advances in climate change vulnerability/risk assessments in the fisheries and aquaculture sector*. <https://doi.org/10.4060/cb4585en>
- Diedrich, A., Blythe, J., Petersen, E., Euriga, E., Fatchiya, A., Shimada, T., & Jones, C. (2019). Socio-Economic Drivers of Adoption of Small-Scale Aquaculture in Indonesia. *Sustainability*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/su11061543>
- Djoric, Z. (2022). Blue economy: Concept research and review of the European Union. *Zbornik Matice Srpske Za Drustvene Nauke*. <https://doi.org/10.2298/zmsdn2282233d>
- Engle, C., & Van Senten, J. (2022). Resilience of Communities and Sustainable Aquaculture: Governance and Regulatory Effects. *Fishes*. <https://doi.org/10.3390/fishes7050268>
- Ernstens, R., Lagzdīa, Ķ., & Lontone-leviā, A. (2019). Municipal coastal governance process research and development: coastal socio-ecological system and its governance understanding. *20th International Scientific Conference "Economic Science for Rural Development 2019". New Dimensions in the Development of Society. Home Economics. Finance and Taxes. Bioeconomy*. <https://doi.org/10.22616/esrd.2019.101>
- Falconer, L., Cutajar, K., Krupandan, A., Capuzzo, E., Corner, R., Ellis, T., Jeffery, K., Mikkelsen, E., Moore, H., O'Beirn, F., O'Donohoe, P., Ruane, N., Shilland, R., Tett, P., & Telfer, T. (2023). Planning and licensing for marine aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15, 1374–1404. <https://doi.org/10.1111/raq.12783>
- FAO. (2022). *Akuakultur Berkelanjutan*. FAO: Rome, Italy. <https://oceanfdn.org/id/akuakultur-berkelanjutan/>
- FAO. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024 – Blue Transformation in action. In *Nature and Resources*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Froehlich, H. E., Runge, C. A., Gentry, R. R., Gaines, S. D., & Halpern, B. S. (2018). Comparative terrestrial feed and land use of an aquaculture-dominant world. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(20), 5295–5300.
- Galparsoro, I., Murillas, A., Pinarbasi, K., Sequeira, A. M. M., Stelzenmüller, V., Borja, Á., O' Hagan, A. M., Boyd, A., Bricker, S., & Garmendia, J. M. (2020). Global stakeholder vision for ecosystem based marine aquaculture expansion from coastal to offshore areas. *Reviews in Aquaculture*, 12(4), 2061–2079.
- Garlock, T., Asche, F., Anderson, J., Bjørndal, T., Kumar, G., Lorenzen, K., Ropicki, A., Smith, M. D., & Tveterås, R. (2020). A global blue revolution: aquaculture growth across regions, species, and countries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 28(1), 107–116.
- Ghosh, S., Anju, P., Pattanayak, R., & Sahu, N. C. (2024). Fisheries and Aquaculture in Wetland Ecosystems: A Review of Benefits, Risks, and Future Prospects in India. *Journal of Coastal Research*, 40, 598–612. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-23-00045.1>
- Goeschl, T., & Jürgens, O. (2012). Environmental quality and welfare effects of improving the reporting capability of citizen monitoring schemes. *Journal of Regulatory Economics*, 42, 264–286. <https://doi.org/10.1007/S11149-012-9191-6>
- Grealis, E., Hynes, S., O'Donoghue, C., Vega, A., Osch, S., & Twomey, C. (2017). The economic impact of aquaculture expansion: An input-output approach. *Marine Policy*, 81, 29–36. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2017.03.014>

- Gupta, M. (2015). *Contribution of Aquaculture to Global Food Security*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22361-5>
- Ha, T. (2012). *Resilience and livelihood dynamics of shrimp farmers and fishers in the Mekong Delta, Vietnam*. <https://doi.org/10.18174/205485>
- He, S., Lou, H., Mei, X., & Wang, J. (2024). The Economic Impact of Sustainable Marine Development on The Aquaculture Industry. *Highlights in Science, Engineering and Technology*. <https://doi.org/10.54097/3vnd0r41>
- Helbling, E., Villafañe, V., Narvarte, M., Burgueño, G., Saad, J., González, R., & Cabrerizo, M. (2024). The impact of extreme weather events exceeds those due to global-change drivers on coastal phytoplankton assemblages. *The Science of the Total Environment*, 918, 170644. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170644>
- Hermawan, S. (2018). *The Benefit of Decision Support System as Sustainable Environment Technology to Utilize Coastal Abundant Resources in Indonesia*. 164, 1043. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201816401043>
- Himes Cornell, A., Grose, S., & Pendleton, L. (2018). Mangrove Ecosystem Service Values and Methodological Approaches to Valuation: Where Do We Stand? *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00376>
- Hishamunda, N., Ridler, N., & Martone, E. (2014). Policy and governance in aquaculture: lessons learned and way forward. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, 577, 1.
- Hishamunda, N., & Subasinghe, R. (2003). *Aquaculture development in Tiongkok/ : the role of public sector policies*. <https://consensus.app/papers/aquaculture-development-in-Tiongkok-the-role-of-public-sector-hishamunda-subasinghe/e9d862e8f5b15f2db663bf26f7cd9719/>
- Jiang, Y., Zhang, Z., Friess, D. A., Li, Y., Zhang, Z., Xin, R., Li, J., Zhang, Q., & Li, Y. (2025). Restoring mangroves lost by aquaculture offers large blue carbon benefits. *One Earth*, 8(1).
- Kerala. (2014). *Development Of Aquaculture In Kerala-An Outline*. <https://consensus.app/papers/development-of-aquaculture-in-kerala-an-outline/82934b965ce75810b1983b94cdddbfa/>
- Khoirun Rizky, Misagi Mukhti Ginting, Rahmat Ibrahim Dalimunthe, & Rizki Yawan Wijaya. (2025). Integrasi Green Economy dan Blue Economy untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 3(1 SE-Articles), 280–289. <https://doi.org/10.61132/jepi.v3i1.1222>
- Krause, T. B. (2021). IE6. com. Cleaning data with OpenRefine. *Folia Linguistica*, 55(42–2), 527–533.
- Mather, C., & Fanning, L. (2019). Social licence and aquaculture: Towards a research agenda. *Marine Policy*. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2018.10.049>
- McCarthy, M., Colna, K., El-Mezayen, M., Laureano-Rosario, A., Méndez-Lázaro, P., Otis, D., Toro-Farmer, G., Vega-Rodriguez, M., & Muller Karger, F. (2017). Satellite Remote Sensing for Coastal Management: A Review of Successful Applications. *Environmental Management*, 60, 323–339. <https://doi.org/10.1007/s00267-017-0880-x>
- Mdoe, C. N., Mahonge, C. P., & Ngowi, E. E. (2024). Mapping the trends, knowledge production, and practices of climate-smart aquaculture scholarship: Empirical insights from bibliometric analysis. *Aquaculture*, 741939.
- Midlen, A. (2021). What is the Blue Economy? A spatialised governmentality perspective. *Maritime Studies*, 20, 423–448. <https://doi.org/10.1007/s40152-021-00240-3>
- Moss, A., Peh, J. H., Afifah Aleng, N., Segaran, T., Gao, H., Wang, P., Handayani, K. S., Lananan, F., Wei, L. S., Fitzer, S., & Azra, M. (2024). Aquaculture and climate change: a data-driven analysis. *Annals of Animal Science*. <https://doi.org/10.2478/aoas-2024-0085>
- Mugwanya, M., Dawood, M., Kimera, F., & Sewilam, H. (2022). Anthropogenic temperature fluctuations and their effect on aquaculture: A comprehensive review. *Aquaculture and Fisheries*. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2021.12.005>
- Muhammad, U. A., Fuad, M., Ariyani, F., & Suyanto, E. (2022). Bibliometric analysis of local wisdom-based learning: Direction for future history education research. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 11(4), 2209–2222.

- Nugroho, E., Dewi, R. R. S. P. S., Aisyah, A., Handanari, T., & Natsir, M. (2022). Pemanfaatan Sumberdaya Kelautan dan Perikanan Melalui Budidaya Perikanan Berkelanjutan Menuju Masyarakat Pembudidaya 5.0. *Jurnal Kebijakan Perikanan Indonesia*, 14(2), 111–119.
- Parulian, N. N. (2023). *A conceptual model for transparent, reusable, and collaborative data cleaning*. University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Patterson, J. T. (2019). The growing role of aquaculture in ecosystem restoration. *Restoration Ecology*, 27(5), 938–941.
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392), 987–992.
- Pörtner, H., Scholes, R., Arneth, A., Barnes, D., Burrows, M., Diamond, S., Duarte, C., Kiessling, W., Leadley, P., Managi, S., McElwee, P., Midgley, G., Ngo, H., Obura, D., Pascual, U., Sankaran, M., Shin, Y., & Val, A. (2023). Overcoming the coupled climate and biodiversity crises and their societal impacts. *Science*, 380. <https://doi.org/10.1126/science.abl4881>
- Pradeepkiran, J. A. (2019). Aquaculture role in global food security with nutritional value: a review. *Translational Animal Science*, 3(2), 903–910.
- Purba, L. D. A., Susanti, H., Admirasari, R., Praharyawan, S., & Iwamoto, K. (2024). Bibliometric insights into microalgae cultivation in wastewater: Trends and future prospects for biolipid production and environmental sustainability. *Journal of Environmental Management*, 352, 120104.
- Reddy, P., Desai, R., Sifunda, S., Chalkidou, K., Hongoro, C., Macharia, W., & Roberts, H. (2018). "You Travel Faster Alone, but Further Together": Learning From a Cross Country Research Collaboration From a British Council Newton Fund Grant. *International Journal of Health Policy and Management*, 7, 977–981. <https://doi.org/10.15171/ijhpm.2018.73>
- Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, Amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and Repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 (2013).
- Rickard, L. N., Britwum, K., Noblet, C. L., & Evans, K. S. (2020). Factory-made or farm fresh? Measuring U.S. support for aquaculture as a food technology. *Marine Policy*, 115, 103858. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103858>
- Rosli, A., Hassan, S., & Omar, M. H. (2024). Bibliometric Analysis of Trust in Named Data Networking: Insights and Future Directions. *J. Adv. Res. Appl. Sci. Eng. Technol*, 48, 269–282.
- Sabrina, O., & Putra, R. A. (2025). Navigating the Blue Economy: Indonesia's Regional Efforts in ASEAN to Support Sustainable Practices in Fisheries Sector. *Sustainability*, 17(15), 6906. <https://doi.org/10.3390/su17156906>
- Safiih, L., Afiq, M., Naeim, A., Ikhwanuddin, A., Madzli, H., Syerrina, Z., & Marzuki, I. (2016). *A system dynamics model for analyzing the eco-aquaculture system with policy recommendations: Case study on Integrated Aquaculture Park (i-Sharp), Setiu Terengganu, Malaysia*. 1750, 60003. <https://doi.org/10.1063/1.4954608>
- Silva, M., Pennino, M., & Lopes, P. (2019). Social-ecological trends: managing the vulnerability of coastal fishing communities. *Ecology and Society*. <https://doi.org/10.5751/es-11185-240404>
- Silva, S., Subasinghe, R., Arthur, J., Bartley, D., Halwart, M., Hishamunda, N., Mohan, C., & Sorgeloos, P. (2013). *Climate change impacts: challenges for aquaculture*. 75–110. <https://consensus.app/papers/climate-change-impacts-challenges-for-aquaculture-silva-s-u-b-a-s-i-n-g-h-e/acc17568d85a5ce0b0588c133f2217a2/>
- Singh, R., & Kumar, P. (2024). Synergizing Sustainable Development: A Comprehensive Analysis of Circular, Blue, and Green Economy Integration. *International Journal For Multidisciplinary Research*. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2024.v06i05.27976>
- Sundsvold, B., & Armstrong, C. (2019). Found in translation: identifying ecosystem services through public consultation statements in a marine spatial planning process. *Ecosystems and People*, 15, 102–118. <https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1596982>

- Suryana, A., Wiryawan, B., Monintja, D. R., & Wiyono, E. S. (2012). Analisis Keberlanjutan Rapa fish Dalam Pengelolaan Sumber Daya, Ikan Kakap Merah Asep Suryana (Lutjanus Sp.) Di Perairan Tanjung Pandan. *Buletin Psp*, 20(1), 45–59.
- Tucciarone, I., Secci, G., Contiero, B., & Parisi, G. (2024). Sustainable aquaculture over the last 30 years: An analysis of the scientific literature by the Text Mining approach. *Reviews in Aquaculture*, 16(4), 2064–2076.
- Weitzman, J. (2019). Applying the ecosystem services concept to aquaculture: A review of approaches, definitions, and uses. *Ecosystem Services*. <https://doi.org/10.1016/J.ECOSER.2018.12.009>
- Whitmore, E., Davis, C., & Safford, T. (2024). Working the ground game: How Maine shellfish and seaweed farmers are building social license to operate. *Aquaculture*. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.741786>
- Xu, Y. (2025). Academic Research Trend Analysis in the Past Twenty-five Years of Electric Vehicle Industry by Network Visualisation. *Applied and Computational Engineering*. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/2025.20464>
- Zhang, M., Thien, L. M., & Ahmi, A. (2025). Profiling the Research Landscape of Student Leadership From 1930 to 2023: A Bibliometric Analysis. *European Journal of Education*, 60(1), e70043.
- Zhao, Y., & Li, Y. (2023). Blue transition for sustainable marine fisheries: Critical drivers and evidence from Tiongkok. *Journal of Cleaner Production*, 421, 138535. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138535>