

Inovasi Teknologi dan Tren Penelitian Global Pada Budidaya Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*): Sintesis Bibliometrik (1995–2024)

Technological Innovations and Global Research Trends in Barramundi (*Lates calcarifer*) Aquaculture: A Bibliometric Synthesis (1995–2024)

Indra Lesmana^{ac}*, Irwan Effendi^b, Indra Suharman^c, Iskandar Putra^c

^a Mahasiswa Program Doktor Ilmu Kelautan, Sekolah Pascasarjana Universitas Riau, Pekanbaru, 28293 Indonesia

^b Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293 Indonesia.

^c Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Riau, Pekanbaru, 28293 Indonesia.

INFORMASI ARTIKEL

Disetujui: Februari 2025

Keywords:

Barramundi aquaculture, technological innovation, bibliometric analysis, global research trends, *Lates calcarifer*.

A B S T R A C T

Barramundi (*Lates calcarifer*) is an economically valuable aquaculture species widely cultivated across the Asia-Pacific and beyond. Over the past two decades, technological innovations in barramundi farming—ranging from advanced hatchery techniques, functional feed development, biosecurity measures, to the application of molecular tools—have rapidly evolved to enhance production efficiency and sustainability. However, a comprehensive synthesis of global research trends in this domain remains limited. This study conducts a systematic bibliometric analysis of 1,613 Scopus-indexed publications from 1995 to 2024 to map scientific developments, collaboration networks, and thematic evolution in *L. calcarifer* aquaculture. The findings reveal a significant growth of publications in the last decade, with dominant contributions from Australia and key Asian countries. Core research focuses include fish immunology, disease resistance, vaccine development, functional feeds, and genetic improvement, reflecting a paradigm shift toward precision and sustainable aquaculture. Highly cited publications and productive affiliations highlight strong academic and industry linkages driving innovation. The study identifies emerging opportunities for future research, including genomic selection for disease-resistant strains and sustainable feed innovations. These insights provide strategic guidance for advancing barramundi aquaculture toward greater sustainability, resilience, and global competitiveness..

1. PENDAHULUAN

Ikan kakap putih atau barramundi (*Lates calcarifer*), juga dikenal sebagai Asian seabass, merupakan salah satu spesies ikan bernilai ekonomi tinggi yang dibudidayakan secara luas di kawasan Asia-Pasifik, Australia, hingga Timur Tengah dan Eropa. Ikan ini terkenal karena pertumbuhan cepat, ketahanan lingkungan yang baik, serta kualitas daging yang premium (Awate *et al.*, 2023). Seiring dengan meningkatnya permintaan pasar lokal maupun global untuk produk perikanan berkelanjutan, budidaya ikan kakap putih telah berkembang secara pesat dan menjadi bagian penting dalam pembangunan akuakultur dunia (Ahmed *et al.*, 2018; Loughnan *et al.*, 2019)

* Corresponding author. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000.

E-mail address: author@institute.xxx

Dalam dua dekade terakhir, berbagai inovasi teknologi telah diterapkan dalam budidaya ikan kakap putih, mencakup pengembangan sistem budidaya intensif seperti bioflok, recirculating aquaculture systems (RAS), integrated multi-trophic aquaculture (IMTA), serta kemajuan dalam formulasi pakan, teknik pemijahan, dan manajemen kesehatan ikan (Frank *et al.*, 2009; Santillan *et al.*, 2024; Awate *et al.*, 2023). Inovasi ini tidak hanya bertujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi, tetapi juga untuk mendukung keberlanjutan lingkungan dan ketahanan industri budidaya perikanan atau akuakultur.

Meskipun terdapat kemajuan signifikan dalam praktik budidaya dan inovasi teknologi untuk ikan kakap putih, namun belum ada pemetaan yang komprehensif mengenai bagaimana tren riset global, kolaborasi ilmiah, serta fokus tematik dalam bidang ini berkembang dari waktu ke waktu. Studi-studi sebelumnya lebih berfokus pada aspek biologis, teknis, atau kajian meta-analisis spesifik, namun belum ada bibliometric analysis yang memetakan secara sistematis peta pengetahuan dan jaringan kolaborasi ilmiah dalam budidaya ikan kakap putih.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan bibliometric synthesis terhadap literatur ilmiah global tentang budidaya ikan kakap putih selama periode 1995–2024. Melalui analisis ini, diharapkan dapat diungkap tren riset, inovasi teknologi dominan, jejaring kolaborasi global, serta gap penelitian yang perlu mendapat perhatian di masa depan. Penelitian ini merupakan kajian pertama yang secara khusus menggunakan pendekatan bibliometrik untuk menganalisis pengembangan ilmu pengetahuan di bidang akuakultur Barramundi. Temuan dari studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi strategis bagi pengembangan riset dan praktik budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) yang berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometric analysis untuk memetakan secara sistematis tren riset global, inovasi teknologi, serta jejaring kolaborasi ilmiah dalam bidang budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) selama periode 1995 hingga 2024. Pendekatan bibliometrik memungkinkan analisis kuantitatif terhadap pola publikasi, kontribusi penulis, evolusi kata kunci, serta struktur kolaborasi ilmiah dalam suatu bidang penelitian.

Sumber data utama yang digunakan adalah database Scopus, yang menyediakan cakupan luas literatur ilmiah peer-reviewed di bidang akuakultur dan perikanan. Strategi pencarian menggunakan fitur pencarian pada website scopus dengan kata kunci; *Lates calcarifer*, barramundi, dan seabass. Pencarian dilakukan pada bulan Januari 2025 dengan kriteria inklusi meliputi Jenis dokumen yang terdiri dari artikel penelitian (article), ulasan (review), conference paper, book chapter dan data paper yang menggunakan bahasa Inggris. Selanjutnya data akan diseleksi berdasarkan relevansi judul dan abstrak sehingga diperoleh publikasi yang memenuhi kriteria kelayakan dan dianalisis lebih lanjut.

Analisis bibliometrik dilakukan dengan bantuan perangkat lunak VOSviewer versi 1.6.20 (Van Eck, N., & Waltman, L. (2009) yang digunakan untuk memvisualisasikan: Jaringan kolaborasi penulis (co-authorship); Jaringan kolaborasi antar negara; Ko-occurrence (kemunculan bersama) kata kunci; Ko-situsi referensi. Selain itu juga menggunakan perangkat lunak Biblioshiny (R package Bibliometrix, versi R-4.5.0 for Windows). Perangkat ini digunakan untuk: Analisis kinerja publikasi (performance analysis); Evolusi tematik (thematic evolution); Analisis sitasi; dan Analisis jaringan kolaborasi.

Analisis bibliometrik dalam penelitian ini mencakup dimensi-dimensi berikut, yaitu; Jumlah dan tren publikasi tahunan; Produktivitas penulis, negara, dan institusi; Jaringan kolaborasi ilmiah (penulis dan negara); Analisis kata kunci (keyword co-occurrence dan thematic evolution); Analisis inovasi teknologi dalam akuakultur Barramundi; serta Analisis sitasi dan referensi paling berpengaruh

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Infrmasi Umum

Berdasarkan pencarian yang dilakukan pada website scopus dengan menggunakan kata kunci: "Lates calcarifer", barramundi, dan "asian seabass" maka didapatkan 1.736 dokumen. Pencarian dilakukan pada rentang waktu yang luas mulai dari tahun 1995 sampai 2024, selanjutnya dilakukan seleksi dengan membatasi pada tipe dokumen hanya menggunakan *Article* dan *Conference paper*. Selanjutnya pada tahap publikasi atau *Publication stage* dibatasi hanya artikel yang bersifat Final saja yang digunakan, kemudian pencarian dibatasi pada dokumen yang hanya menggunakan bahasa Inggris. Sehingga dari hasil seleksi tersebut tersisa sebanyak 1.632 dokumen yang di analisis bibliometrik. Hasil analisis menggunakan perangkat lunak Biblioshiny (R package Bibliometrix, versi R-4.5.0 for Windows) hanya menganalisis 1.613 dokumen (Gambar 1).

Pada Gambar 1. menyajikan informasi umum terkait karakteristik data publikasi yang dianalisis dalam rentang waktu 1995 hingga 2024. Sebanyak 1.613 dokumen berasal dari 502 sumber dengan tingkat pertumbuhan tahunan rata-rata sebesar 6,89%. Terdapat 4.736 penulis yang terlibat, dengan 40 penulis tunggal dan tingkat kolaborasi internasional sebesar 30,07%. Rata-rata jumlah penulis per dokumen adalah 5,05. Selain itu, terdapat 4.098 kata kunci yang digunakan oleh penulis, dengan usia rata-rata dokumen 9,78 tahun. Rata-rata sitasi per dokumen tercatat sebesar 24,4, yang menunjukkan bahwa publikasi dalam bidang ini memiliki tingkat pengaruh ilmiah yang cukup baik.



Gambar 1. Informasi Umum Data Publikasi Budidaya Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*)

Tren Publikasi Global Tentang Budidaya Ikan Kakap Putih (*Lates calcarifer*)

Tren publikasi internasional tentang budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) tahun 1995 – 2024 mengalami peningkatan yang signifikan. Dari data yang didapatkan pada jurnal terindeks scopus menunjukkan bahwa publikasi tentang budidaya ikan kakap putih tertinggi pada tahun 2021 yaitu sebanyak 140 publikasi atau 8,68% dan data terendah pada tahun 2000 yang hanya terdapat 12 dokumen atau sebesar 0,74%. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 1. Berikut:

Tabel 1. Tren Publikasi Budidaya Ikan Kakap putih (*Lates calcarifer*) tahun 1995 – 2024 di Jurnal Terindeks Scopus

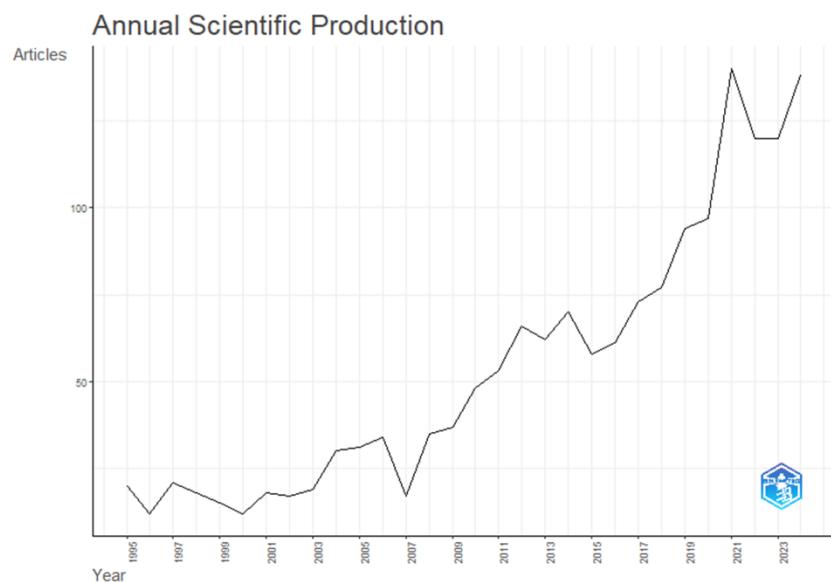
Tahun Publikasi	Jumlah Dokumen	Percentase
2024	138	8,56%
2023	120	7,44%
2022	120	7,44%
2021	140	8,68%
2020	97	6,01%
2019	94	5,83%
2018	77	4,77%
2017	73	4,53%
2016	61	3,78%
2015	58	3,60%
2014	70	4,34%
2013	62	3,84%
2012	66	4,09%
2011	53	3,29%
2010	48	2,98%
2009	37	2,29%
2008	35	2,17%
2007	17	1,05%
2006	34	2,11%
2005	31	1,92%
2004	30	1,86%
2003	19	1,18%
2002	17	1,05%
2001	18	1,12%
2000	12	0,74%

1999	15	0,93%
1998	18	1,12%
1997	21	1,30%
1996	12	0,74%
1995	20	1,24%
	1613	100%

Berdasarkan data yang dianalisis, terdapat sebanyak 1.613 dokumen yang dipublikasikan terkait topik kajian budidaya ikan kakap putih dengan kata kunci *Lates calcarifer*, barramundi, dan “asian seabass” dalam rentang waktu tahun 1995 hingga 2024. Secara umum, tren publikasi menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan dalam dua dekade terakhir, terutama dalam sepuluh tahun terakhir. Pada periode awal (1995–2005), jumlah publikasi per tahun relatif rendah dan fluktuatif, dengan rata-rata kurang dari 30 publikasi per tahun. Misalnya, pada tahun 1995 tercatat 20 dokumen (1,24%), sedangkan pada tahun 2000 hanya 12 dokumen (0,74%), yang merupakan salah satu jumlah terendah dalam dataset ini.

Memasuki periode 2006–2015, mulai terlihat peningkatan bertahap dalam jumlah publikasi. Pada tahun 2014 tercatat 72 dokumen (4,34%) dan pada tahun 2015 sebanyak 58 dokumen (3,60%). Perkembangan yang paling pesat terjadi dalam dekade terakhir (2016–2024). Jumlah publikasi meningkat signifikan, dengan angka tertinggi tercatat pada tahun 2021 sebanyak 140 dokumen (8,68%), diikuti oleh tahun 2024 (138 dokumen, 8,56%) dan tahun 2022 dan 2023 (120 dokumen, 7,44%). Peningkatan ini mengindikasikan bahwa minat dan perhatian peneliti terhadap topik ini semakin besar dalam beberapa tahun terakhir.

Secara visual, tren publikasi dapat digambarkan dalam bentuk kurva menaik (Gambar 2), terutama sejak tahun 2016. Hal ini menunjukkan bahwa bidang penelitian budidaya perikanan ikan kakap putih dengan berbagai aspek kajian merupakan topik penelitian yang bersifat dinamis dan berkembang, serta memiliki potensi untuk terus diteliti di masa mendatang. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa topik ini semakin relevan dan menarik perhatian komunitas ilmiah baik akademisi dikampus maupun lembaga-lembaga riset pemerintah maupun swasta dibidang perikanan, sebagaimana tercermin dari jumlah publikasi yang terus meningkat secara konsisten dalam dekade terakhir.



Gambar 2. Grafik Dokumen Bidang Budidaya Ikan Kakap Putih Per Tahun di Scopus

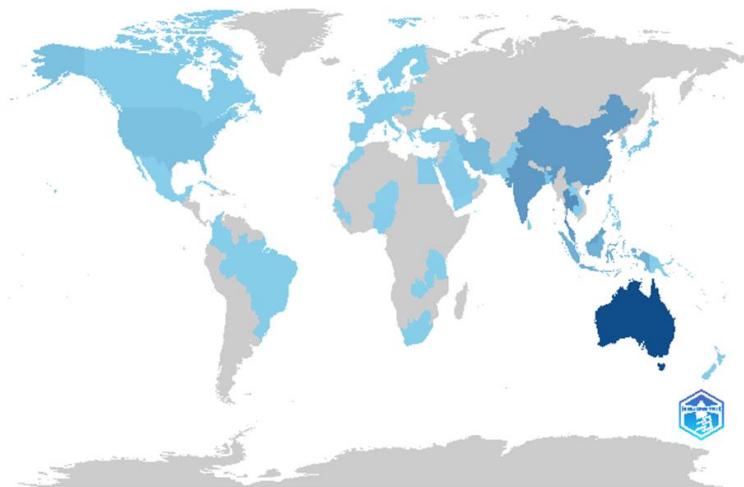
Negara Paling Produktif

Analisis distribusi publikasi per negara menunjukkan bahwa kontribusi ilmiah terhadap topik ini bersifat global, dengan partisipasi aktif dari berbagai negara di seluruh dunia. Dari total 4.532 dokumen yang dianalisis, Australia menempati posisi teratas sebagai negara dengan jumlah publikasi terbanyak, yakni sebanyak 1.146 dokumen (25,29%). Hal ini mencerminkan bahwa Australia memiliki tradisi riset yang kuat di bidang ini, didukung oleh ekosistem riset yang maju serta kolaborasi aktif antar lembaga penelitian dan industri.

Di kawasan Asia, Thailand (539 dokumen, 11,89%), India (443 dokumen, 9,77%), China (421 dokumen, 9,29%), dan Malaysia (378 dokumen, 8,34%) menjadi negara-negara yang menunjukkan kontribusi signifikan. Keberadaan negara-negara Asia dalam lima besar dunia ini mengindikasikan bahwa kawasan Asia-Pasifik merupakan pusat pertumbuhan riset yang dinamis, yang terus berkembang seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap pengembangan sumber daya perairan dan keberlanjutan lingkungan.

Lebih lanjut, peta Country Scientific Production memperkuat temuan ini, dengan visualisasi yang menunjukkan konsentrasi publikasi terbesar di kawasan Asia-Pasifik, diikuti oleh kontribusi dari negara-negara di Eropa dan Amerika Utara. Negara-negara seperti Singapura, Indonesia, Iran, Amerika Serikat, dan Bangladesh juga memberikan kontribusi yang cukup berarti. Sebaran geografis yang luas ini mencerminkan bahwa topik kajian yang dianalisis memiliki relevansi global dan berpotensi mendorong kolaborasi internasional yang lebih luas di masa depan (Gambar 3).

Country Scientific Production



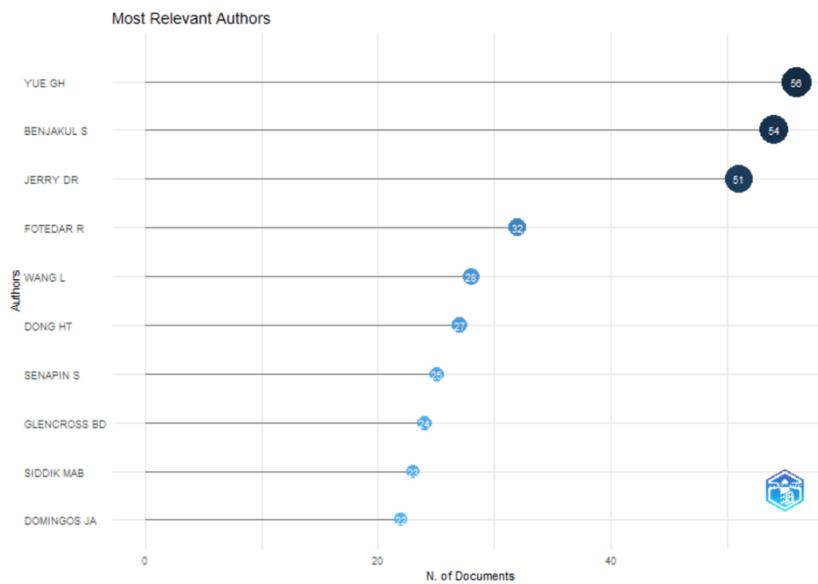
Gambar 3. Produksi Penelitian Ilmiah berdasarkan Negara

Penulis dan Institusi Terproduktif

Analisis terhadap penulis paling relevan dilakukan untuk mengidentifikasi kontribusi individual yang signifikan dalam pengembangan keilmuan di bidang akuakultur, khususnya pada budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). Berdasarkan hasil visualisasi Most Relevant Authors (Gambar 4), diperoleh sepuluh penulis teratas yang paling produktif berdasarkan jumlah dokumen yang telah mereka publikasikan terkait topik ini. Penulis Yue GH menempati peringkat pertama sebagai penulis paling produktif, dengan total 56 dokumen yang dipublikasikan. Posisi ini diikuti oleh Benjakul S dengan 54 dokumen, dan Jerry DR di posisi ketiga dengan 51 dokumen. Ketiga penulis ini tercatat secara konsisten memberikan kontribusi penting terhadap pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi budidaya ikan kakap putih, baik melalui penelitian dasar maupun aplikatif.

Penulis lain yang juga menunjukkan tingkat produktivitas tinggi meliputi Fotedar R (32 dokumen), Wang L (28 dokumen), Dong HT (27 dokumen), serta Senapin S (25 dokumen). Sementara itu, Glencross BD, Siddik MAB, dan Domingos JA masing-masing tercatat telah menerbitkan antara 22 hingga 24 dokumen. Selain dari sisi kuantitas publikasi, analisis ini juga memperlihatkan variasi dalam rata-rata sitasi per dokumen (Total Citations per Document), yang mencerminkan tingkat pengaruh ilmiah masing-masing penulis dalam komunitas akademik dan industri akuakultur. Penulis dengan jumlah publikasi besar umumnya juga menunjukkan pengaruh yang luas dalam memajukan teknik budidaya, manajemen kesehatan ikan, formulasi pakan, serta aspek keberlanjutan dalam produksi ikan kakap putih.

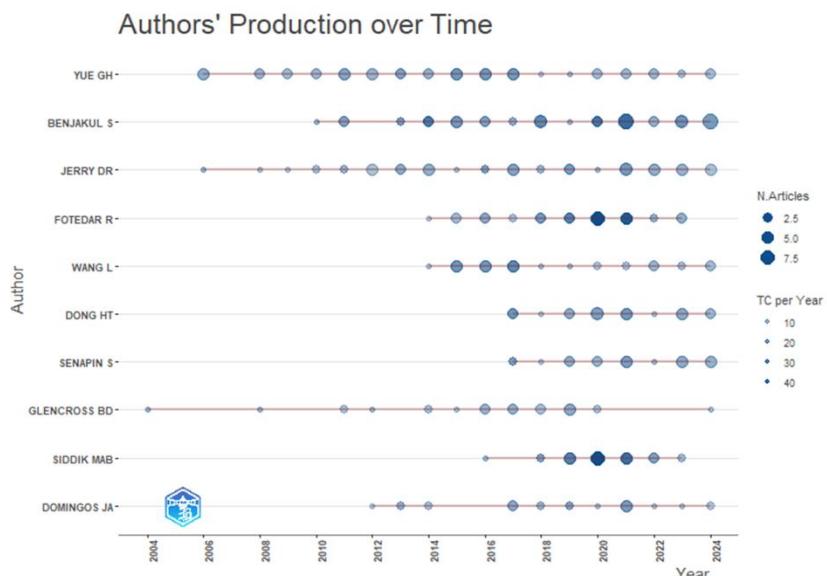
Temuan ini mengindikasikan adanya kelompok penulis inti (core authors) yang secara aktif berkontribusi terhadap pengembangan ilmu dan kegiatan budidaya ikan kakap putih di tingkat global. Dominasi kontribusi oleh sejumlah penulis kunci ini juga memberikan gambaran mengenai tren penelitian, arah pengembangan teknologi, serta fokus kajian yang tengah berkembang dalam komunitas akuakultur saat ini.



Gambar 4. Penulis Yang Paling Relevan dan Produktif

Visualisasi Authors' Production Over Time (Gambar 5) memperlihatkan dinamika produktivitas penulis terkemuka dalam bidang penelitian budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) sejak tahun 2004 hingga 2024. Secara umum, tren publikasi menunjukkan peningkatan yang stabil, sejalan dengan tumbuhnya minat global terhadap pengembangan akuakultur berkelanjutan. Penulis seperti Yue GH tampil dominan dengan kontribusi yang konsisten di bidang genetika dan seleksi molekuler, sementara Benjakul S dan Jerry DR berperan penting dalam riset teknologi pascapanen serta reproduksi dan domestikasi. Peneliti lain seperti Fotedar R, Wang L, dan Dong HT memperkuat tema-tema terkini seperti manajemen kesehatan ikan, teknologi sistem budidaya, dan pengendalian penyakit.

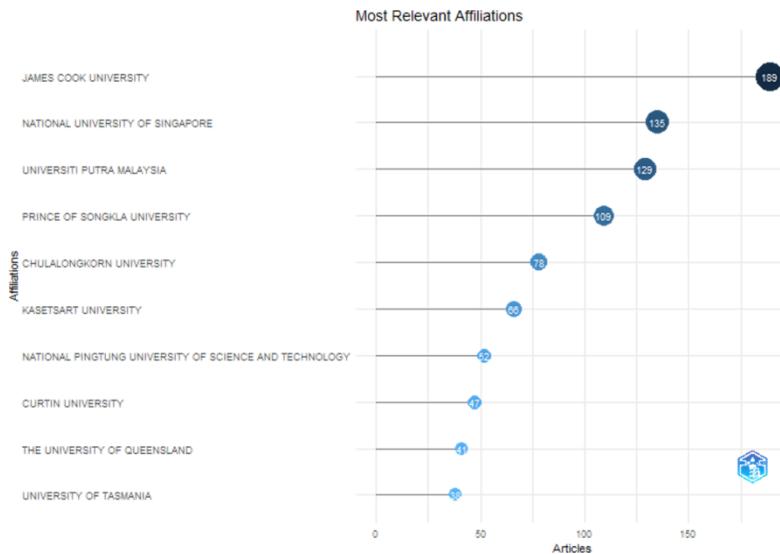
Kehadiran penulis baru seperti Senapin S, Siddik MAB, dan Domingos JA dalam beberapa tahun terakhir turut menunjukkan penyegaran dan perluasan arah penelitian, yang kini mulai mengintegrasikan nutrigenomik, formulasi pakan fungsional, serta respons fisiologis terhadap perubahan lingkungan. Pola ini selaras dengan temuan pada Trend Topics, di mana istilah-istilah terkait kesehatan ikan, pertumbuhan, dan genetika menjadi fokus riset yang berkembang pesat. Secara keseluruhan, perkembangan produksi publikasi ini mengindikasikan bahwa riset budidaya kakap putih semakin bersifat interdisipliner dan berorientasi pada inovasi aplikatif yang mendukung keberlanjutan industri akuakultur.



Gambar 5. Produksi Penulis dari Waktu ke Waktu

Afiliasi Paling Relevan dan Berpengaruh

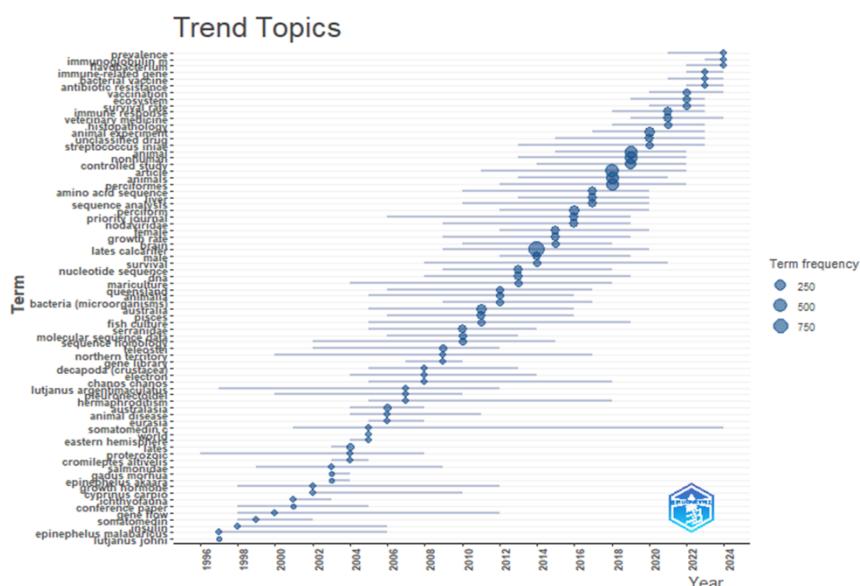
Analisis Most Relevant Affiliations (Gambar 6) menunjukkan institusi-institusi yang paling berkontribusi dalam publikasi penelitian terkait budidaya ikan kakap putih. James Cook University menempati peringkat teratas dengan 189 artikel, diikuti oleh Kasetsart University of Bangkok (135 artikel) dan Universiti Putra Malaysia (129 artikel). Keberadaan institusi-institusi ini di posisi puncak mencerminkan kekuatan pusat-pusat riset perikanan di kawasan Asia-Pasifik dan Australia, yang memang dikenal sebagai wilayah dengan produksi dan inovasi akuakultur yang maju, termasuk dalam budidaya *Lates calcarifer*.



Gambar 6. Afiliasi Paling Relevan dan Berpengaruh

Hal ini sesuai dengan pola Most Relevant Authors yang banyak berasal dari afiliasi-afiliasi tersebut, seperti Yue GH dan Jerry DR dari James Cook University serta Benjakul S dari Kasetsart University, yang telah berkontribusi besar dalam pengembangan tema-tema utama yang teridentifikasi pada Trend Topics, khususnya di bidang imunologi ikan, ketahanan penyakit, dan teknologi pakan. Selain itu, artikel-artikel dengan pengaruh global yang tinggi sebagian besar juga berasal dari kolaborasi yang melibatkan institusi-institusi unggulan ini. Sinergi antara produktivitas penulis, kekuatan kelembagaan, dan pengaruh publikasi mencerminkan kemajuan dan kematangan jaringan riset internasional

Evolusi Tematik dan Tren Penelitian



Gambar 7. Trend Topik Penelitian

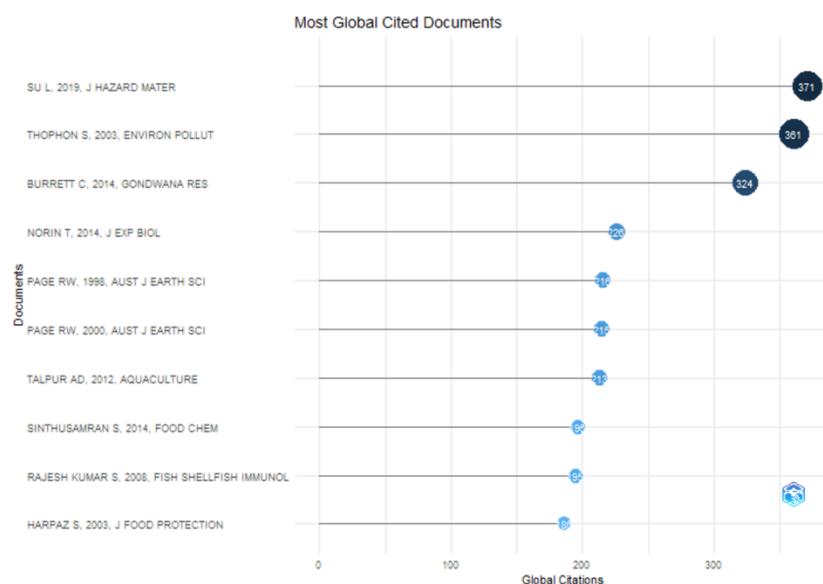
Analisis Evolusi tematik dan trend topics pada Gambar 7 bertujuan untuk mengidentifikasi pergeseran fokus penelitian serta perkembangan tema-tema utama yang telah dan sedang menjadi perhatian dalam kajian budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). Pada Gambar di atas, visualisasi dilakukan berdasarkan distribusi kemunculan istilah (term) yang paling sering digunakan dalam publikasi ilmiah selama rentang waktu 1995 hingga 2024. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada periode awal (1995–2005), penelitian lebih banyak difokuskan pada aspek biologi dasar, seperti kajian mengenai spesies ikan target (misalnya *Lutjanus johnii*, *Epinephelus malabaricus*, *Cromileptes altivelis*), serta aspek molekuler dan genetik (contoh: gene library, sequence analysis). Tema-tema ini mencerminkan fase awal pengembangan teknologi budidaya, yang berorientasi pada pemahaman dasar tentang spesies, keragaman genetik, dan potensi domestikasi. Memasuki periode 2006–2015, terjadi pergeseran tren ke arah penerapan teknologi budidaya yang lebih kompleks. Istilah seperti *growth rate*, *survival*, *nucleotide sequence*, *mariculture*, *immune response*, dan *antibiotic resistance* mulai mendominasi. Ini menunjukkan bahwa penelitian mulai menekankan pada peningkatan performa produksi ikan kakap putih, serta upaya mitigasi penyakit dan pengembangan teknologi vaksinasi.

Sejak tahun 2016 hingga saat ini (2024), terlihat bahwa topik seperti *immune-related gene*, *bacterial vaccine*, *antibiotic resistance*, *histopathology*, dan *controlled study* semakin sering muncul. Ini mengindikasikan bahwa saat ini terdapat fokus yang kuat terhadap aspek kesehatan ikan, strategi pengendalian penyakit, dan keberlanjutan sistem produksi. Istilah *Lates calcarifer* sendiri juga mulai lebih sering muncul sebagai kata kunci utama, sejalan dengan meningkatnya perhatian komunitas ilmiah terhadap pengembangan budidaya spesies ini secara lebih spesifik. Menarik pula untuk dicermati bahwa penelitian terbaru cenderung interdisipliner, mengintegrasikan bioteknologi, pengendalian lingkungan, serta pendekatan molekuler untuk menjawab tantangan budidaya modern, seperti peningkatan resistensi terhadap penyakit dan pengurangan penggunaan antibiotik.

Secara keseluruhan, pola trend topics ini memberikan gambaran yang jelas bahwa penelitian di bidang budidaya ikan kakap putih telah berkembang dari tahap pengetahuan dasar spesies menuju pengembangan teknologi aplikatif dan berkelanjutan. Tren ini sejalan dengan kebutuhan industri akuakultur global untuk menghasilkan sistem produksi yang efisien, ramah lingkungan, dan berbasis teknologi mutakhir.

Analisis Sitasi dan Publikasi Paling Berpengaruh

Analisis sitasi memberikan gambaran mengenai publikasi-publikasi yang memiliki pengaruh paling besar secara global dalam pengembangan pengetahuan terkait budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*). Teridentifikasi bahwa publikasi oleh Su L. (2019) dalam jurnal Hazard Mater menempati posisi teratas dengan 371 sitasi, diikuti oleh Tophan S. (2003) dengan 361 sitasi, serta Burrett C. (2014) dengan 324 sitasi. Artikel-artikel yang paling banyak disitasi ini umumnya mengangkat tema-tema yang sangat relevan dengan topik Trend Topics yang telah diidentifikasi sebelumnya, seperti imunologi ikan, ketahanan terhadap penyakit, pertumbuhan dan performa produksi, serta teknologi pengolahan hasil perikanan. (Gambar 7)



Gambar 6. Dokumen Yang Paling Banyak Dikutip Secara Global

Lebih lanjut, temuan ini memperkuat peran Most Relevant Authors yang sebelumnya diidentifikasi sebagai kontributor kunci, di mana beberapa di antara mereka juga menjadi penulis atau kolaborator dalam artikel-artikel yang paling banyak disitas. Hal ini terlihat sejalan dengan pola Authors' Production Over Time, di mana periode produktivitas tinggi para penulis utama berkontribusi terhadap lahirnya karya-karya ilmiah yang berdampak besar. Secara keseluruhan, keterkaitan antara topik penelitian yang berkembang (*Trend Topics*), produktivitas penulis, dan pengaruh global dari dokumen yang disitas menunjukkan bahwa penelitian budidaya ikan kakap putih terus bergerak ke arah yang lebih maju, dengan peningkatan kualitas dan relevansi ilmiah di tingkat internasional.

Inovasi Teknologi dalam Budidaya Ikan Kakap Putih

Hasil analisis bibliometrik secara komprehensif menunjukkan bahwa inovasi teknologi dalam budidaya ikan kakap putih (*Lates calcarifer*) mengalami perkembangan pesat dan semakin beragam dalam dekade terakhir. Dari pemetaan Trend Topics, terlihat bahwa topik-topik terkini sangat berfokus pada aspek peningkatan performa pertumbuhan (growth rate), ketahanan terhadap penyakit (immune response), vaksinasi, teknologi pakan fungsional (*functional feeds*), biosecuriti, serta pemanfaatan pendekatan berbasis molekuler (molecular sequencing, gene expression) untuk mendukung seleksi genetik unggul. Kecenderungan inovatif ini diperkuat oleh kontribusi para penulis terkemuka (Most Relevant Authors) seperti Yue GH dan Benjakul S, yang telah mempelopori riset tentang genetika populasi dan teknologi pengolahan pakan berbasis bioaktif. Pola Authors' Production Over Time pun menunjukkan bahwa sejak tahun 2015 hingga saat ini, terjadi lonjakan signifikan dalam produktivitas artikel di bidang ini, seiring berkembangnya aplikasi teknologi mutakhir seperti probiotik, prebiotik, imunostimulan, dan rekayasa lingkungan pemeliharaan (misalnya sistem resirkulasi RAS).

Lebih jauh, keberadaan artikel-artikel yang sangat berpengaruh secara global (Most Global Cited Documents), yang banyak membahas tentang manajemen kesehatan ikan dan strategi pengendalian penyakit bakterial dan virus, mengindikasikan bahwa isu ketahanan hayati tetap menjadi fokus inovasi yang dominan. Selain itu, peran institusi unggulan (Most Relevant Affiliations) seperti James Cook University, Kasetsart University, dan Universiti Putra Malaysia, yang secara aktif memproduksi riset-riset frontliner, mempercepat diseminasi teknologi terbaru ke sektor budidaya praktis. Secara keseluruhan, analisis ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi dalam budidaya ikan kakap putih telah bergerak ke arah integrasi pendekatan multidisiplin menggabungkan bioteknologi, nutrisi, imunologi, dan manajemen lingkungan yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi produksi, keberlanjutan lingkungan, dan daya saing industri akuakultur ikan kakap putih di pasar global.

Sintesis dan Implikasi Temuan

Sintesis dari berbagai temuan bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian tentang budidaya ikan kakap putih telah mengalami transformasi paradigma dari pendekatan tradisional ke arah penerapan teknologi berbasis sains modern. Dominasi topik-topik seperti imunologi molekuler, teknologi vaksinasi, biosecuriti, nutrisi fungsional, serta penerapan teknologi rekayasa lingkungan mencerminkan pergeseran fokus riset menuju penguatan ketahanan biologis, efisiensi produksi, dan keberlanjutan lingkungan. Kontribusi signifikan dari penulis-penulis terkemuka dan institusi riset global telah mendorong terciptanya berbagai inovasi teknologi yang dapat diadaptasi ke praktik budidaya di berbagai skala. Namun demikian, tren produksi ilmiah yang masih relatif terpusat di beberapa negara tertentu, sebagaimana tercermin dari Most Relevant Affiliations, mengindikasikan adanya kesenjangan kolaborasi internasional dan potensi pengembangan riset lintas wilayah, khususnya di kawasan-kawasan tropis seperti Asia Tenggara.

Berdasarkan kecenderungan topik dan pola produksi penulis, terdapat beberapa peluang riset lanjutan yang sangat strategis untuk dikembangkan yaitu diantaranya; Pengembangan strain kakap putih tahan penyakit berbasis pemuliaan molekuler (genomic selection), untuk mendukung produksi yang lebih resilien terhadap perubahan lingkungan dan epidemi penyakit. Serta Eksplorasi bahan pakan alternatif berbasis lokal yang diperkaya dengan fitobiotik atau metabolit sekunder tumbuhan, untuk meningkatkan kinerja pertumbuhan sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan baku impor.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Analisis bibliometrik terhadap penelitian budidaya ikan kakap putih menunjukkan bahwa bidang ini telah berkembang pesat dalam dua dekade terakhir, dengan kontribusi signifikan dari sejumlah penulis dan institusi terkemuka. Tren topik yang berkembang mengarah pada pemanfaatan inovasi teknologi seperti imunologi molekuler, vaksinasi, rekayasa pakan, dan penerapan biosecuriti. Kolaborasi internasional yang semakin meluas juga mendorong diversifikasi pendekatan penelitian, meskipun masih terdapat potensi penguatan di kawasan tropis.

Diperlukan penguatan kolaborasi riset lintas negara dan pengembangan inovasi berbasis teknologi lokal untuk mendukung keberlanjutan budidaya ikan kakap putih. Selain itu, riset lanjutan perlu diarahkan pada pengembangan strain unggul, pemanfaatan pakan alternatif, integrasi teknologi digital, serta penguatan aspek bioekonomi agar industri budidaya kakap putih dapat tumbuh secara lebih efisien, berkelanjutan, dan adaptif terhadap tantangan global.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada Program Doktoral Ilmu Kelautan Universitas Riau yang telah memberikan dukungan penuh dalam pendidikan doktoral ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Program Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) yang telah memberikan beasiswa pendidikan doktor skema dosen perguruan tinggi akademik (PTA)

6. DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, N., Thompson, S., & Glaser, M. (2018). Global Aquaculture Productivity, Environmental Sustainability, and Climate Change Adaptability. *Environmental Management*, 63(2), 159–172. <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1117-3>
- Awate, S., Huber, R. G., & Mubarka, S. (2023). Whole Genomic Characterization of *Streptococcus iniae* Isolates from Barramundi (*Lates calcarifer*) and Preliminary Evidence of Cross-Protective Immunization. *Vaccines*, 11(9), 1443. <https://doi.org/10.3390/vaccines11091443>
- Frank, D., Kirchhoff, S., Forde, C., & Poole, S. (2009). Investigation of Sensory and Volatile Characteristics of Farmed and Wild Barramundi (*Lates calcarifer*) using Gas Chromatography–Olfactometry Mass Spectrometry and Descriptive Sensory Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(21), 10302–10312. <https://doi.org/10.1021/jf902030y>
- Harzing, A.W. (2007) Publish or Perish, available from <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>
- Loughnan, S. R., Smith-Keune, C., Robinson, N. A., Jerry, D. R., & Beheregaray, L. B. (2019). Population genetic structure of barramundi (*Lates calcarifer*) across the natural distribution range in Australia informs fishery management and aquaculture practices. *Marine and Freshwater Research*, 70(11), 1533. <https://doi.org/10.1071/mf18330>
- Santillan, E., Yasumaru, F., Vethathirri, R. S., Thi, S. S., Hoon, H. Y., Sian, D. C. P., & Wuertz, S. (2024). Microbial community-based protein from soybean-processing wastewater as a sustainable alternative fish feed ingredient. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-51737-w>
- Van Eck, N., & Waltman, L. (2009). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *scientometrics*, 84(2), 523–538.