

**TREN GLOBAL DAN EVOLUSI PENGETAHUAN DALAM PENELITIAN IKAN ASAP
(1975–2025): SUATU ANALISIS BIBLIOMETRIK YANG KOMPREHENSIF**
*Global trends and knowledge evolution in smoked fish research (1975–2025):
A comprehensive bibliometric analysis*

Firat Maiyasa¹⁾, Nurbety Tarigan²⁾, dan Sri Novalina Amrizal³⁾

^{1,2)}Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Kristen Wira Wacana Sumba, Jl. Suprapto, No. 35, Waingapu, Sumba Timur, 87116, Indonesia

³⁾Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Jl. Raya Dompak, Kota Tanjung Pinang, Kepulauan Riau 29115, Indonesia

*Korespondensi : firatmeiyasa@unkriswina.ac.id

Diterima 11 September 2025; Disetujui 25 September 2025

ABSTRACT

Smoked fish is a food product with high nutritional value and a long shelf life, but it also carries the risk of containing hazardous compounds such as polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). Research related to smoked fish has grown rapidly over the last five decades; however, there has been no comprehensive review of global trends in this research, particularly in the context of food safety, sustainability, and innovation in smoking technology. This study aimed to analyze trends in scientific publications related to smoked fish between 1975 and 2025 using a bibliometric approach to understand patterns, collaborations, and future research directions. This study used bibliometric analysis by collecting data from the Scopus database using the keyword "smoked fish" published between 1975 and 2025. The analysis included quantifying the number of publications, identifying dominant topics, and mapping international collaboration networks. Data were analyzed using VOSviewer and RStudio. A total of 910 relevant documents were analyzed for this study. A significant increase in publications has been observed in the last two decades, with a growing focus on sustainability, health, and innovative technologies, rather than the traditional aspects of fish smoking. Key trends include innovations in environmentally friendly smoking techniques and increased attention to food safety and product quality. Strong international collaborations have been noted between countries, such as Indonesia, Italy, and Nigeria. Leading journals focusing on this topic include Food Control and the Journal of Food Protection, which dominate publications related to the quality and safety of smoked fish products. This study demonstrates that smoked fish is gaining global attention, with trends focusing on sustainability and food safety. Further research is needed on more environmentally friendly smoking technologies.

Keywords: *smoked fish, food safety, smoking technology, bibliometric analysis*

ABSTRAK

Ikan asap merupakan produk pangan dengan nilai gizi tinggi serta daya simpan yang panjang, namun juga memiliki potensi mengandung senyawa berbahaya seperti hidrokarbon aromatik polisiklik (PAHs). Penelitian mengenai ikan asap telah berkembang pesat selama lima dekade terakhir. Meskipun demikian, belum ada tinjauan komprehensif yang membahas tren global penelitian di bidang ini, khususnya terkait keamanan pangan, keberlanjutan, dan inovasi teknologi pengasapan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tren publikasi ilmiah mengenai ikan asap selama periode 1975–2025 menggunakan pendekatan bibliometrik, guna

memahami pola penelitian, jejaring kolaborasi internasional, serta arah penelitian di masa mendatang. Data diperoleh dari basis data Scopus dengan menggunakan kata kunci “smoked fish” untuk publikasi tahun 1975–2025. Analisis meliputi kuantifikasi jumlah publikasi, identifikasi topik dominan, serta pemetaan kolaborasi antarnegara. Data kemudian dianalisis dengan perangkat lunak VOSviewer dan RStudio. Sebanyak 910 dokumen yang relevan dianalisis dalam studi ini. Hasil menunjukkan peningkatan publikasi yang signifikan dalam dua dekade terakhir, dengan fokus yang beralih dari aspek tradisional pengasapan ikan menuju isu keberlanjutan, kesehatan, dan inovasi teknologi. Tren utama mencakup pengembangan teknik pengasapan ramah lingkungan serta peningkatan perhatian terhadap keamanan pangan dan mutu produk. Tercatat pula kolaborasi internasional yang kuat antara negara-negara seperti Indonesia, Italia, dan Nigeria. Jurnal utama yang banyak mempublikasikan topik ini antara lain Food Control dan Journal of Food Protection. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa ikan asap semakin menarik perhatian global, dengan kebutuhan mendesak untuk mengembangkan teknologi pengasapan yang lebih berkelanjutan dan aman bagi kesehatan.

Kata kunci : analisis bibliometric, Ikan asap, keamanan pangan, teknologi pengasapan

PENDAHULUAN

Ikan merupakan sumber protein hewani yang sangat penting bagi manusia karena mengandung asam amino esensial, asam lemak tak jenuh ganda, vitamin, serta mineral yang berperan vital dalam menjaga kesehatan tubuh (Badoni *et al.*, 2021; Balami *et al.*, 2019; Khan, 2025; Noreen *et al.*, 2025; Tripathi *et al.*, 2025a). Namun, ikan memiliki sifat yang mudah rusak akibat aktivitas enzimatik dan mikrobiologis, sehingga diperlukan metode pengolahan dan pengawetan yang tepat untuk menjaga kualitas dan keamanan konsumsinya (Awais *et al.*, 2025; Khan, 2025; Khanjani *et al.*, 2025; Tripathi *et al.*, 2025b). Salah satu metode pengawetan tertua dan paling luas digunakan di berbagai negara adalah pengasapan ikan (*smoking process*), yang tidak hanya memperpanjang umur simpan, tetapi juga meningkatkan cita rasa, aroma, dan warna khas pada produk akhir (Adeyeye & Oyewole, 2016; Rabiepour *et al.*, 2024; Speranza *et al.*, 2021).

Secara tradisional, pengasapan dilakukan melalui pembakaran kayu yang menghasilkan asap kaya senyawa fenolik, karbonil, dan asam organik yang berfungsi sebagai antimikroba dan antioksidan alami (Brustolin *et al.*, 2024; Nizio *et al.*, 2023; Rahman & Al-Farsi, 2020). Meski efektif, metode ini juga menimbulkan risiko terbentuknya senyawa berbahaya seperti *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), yang bersifat karsinogenik dan berpotensi mengancam kesehatan manusia (Zejnelhoxha, 2023; D.-C. Zhang *et al.*, 2019; S. Zhang *et al.*, 2025). Seiring dengan meningkatnya perhatian terhadap isu keamanan pangan dan keberlanjutan lingkungan, teknologi pengasapan ikan terus mengalami inovasi menuju sistem yang lebih higienis dan ramah lingkungan, seperti penggunaan *liquid smoke*, *electrostatic smoking*, serta bahan bakar biomassa rendah emisi (Hamed *et al.*, 2022).

Dalam lima dekade terakhir, penelitian tentang ikan asap telah berkembang pesat. Topik penelitian tidak lagi terbatas pada aspek tradisional seperti

pengawetan dan mutu sensorik, tetapi telah meluas ke bidang bioteknologi pangan, kimia toksikologi, nutrisi, keamanan pangan, hingga analisis ekonomi dan keberlanjutan rantai pasok perikanan (Almohaimeed & Abouelnour, 2025). Pertumbuhan literatur yang cepat ini menunjukkan meningkatnya perhatian ilmiah terhadap ikan asap sebagai objek riset multidisipliner yang berpotensi tinggi dalam mendukung ketahanan pangan dan industri perikanan global.

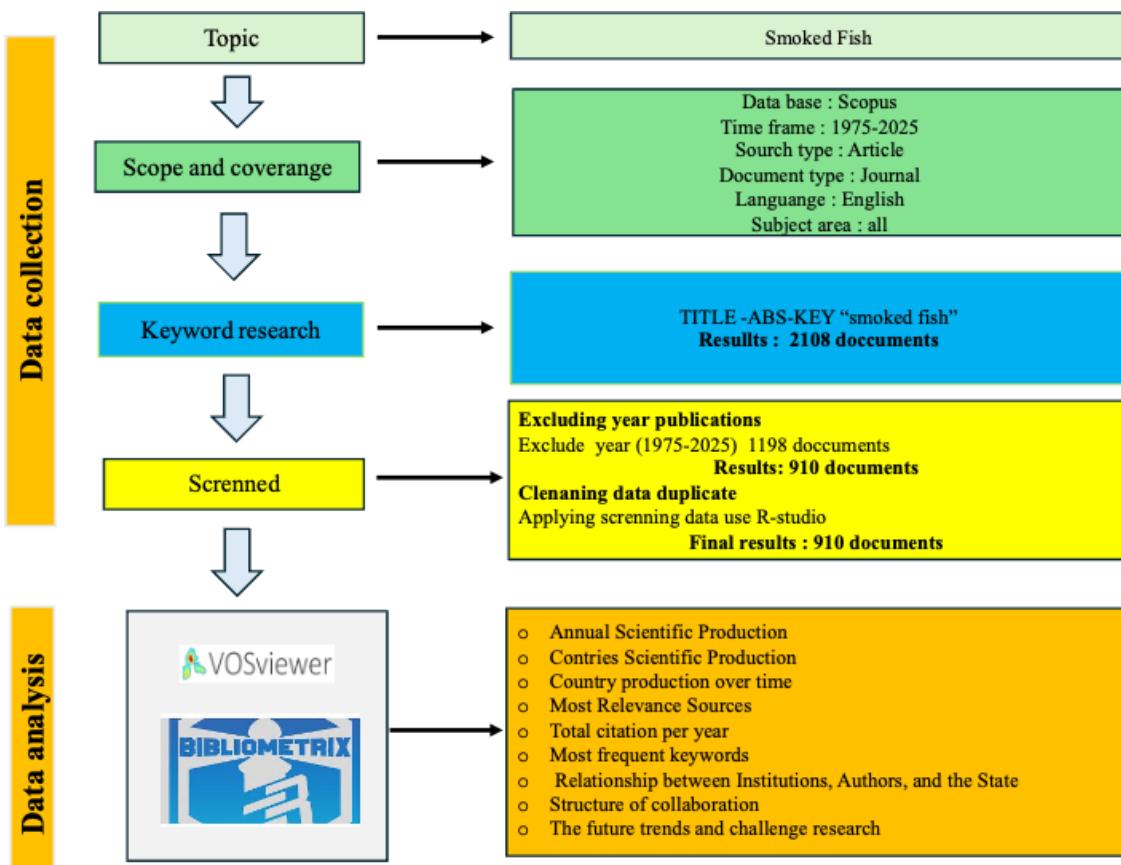
Namun, meskipun jumlah publikasi meningkat, belum ada kajian komprehensif yang menelaah perkembangan pengetahuan ilmiah tentang ikan asap secara global dan longitudinal. Sebagian besar studi yang ada bersifat parsial, terfokus pada aspek teknologi atau mikrobiologi, tanpa memetakan secara menyeluruh bagaimana ilmu pengetahuan mengenai ikan asap berkembang selama kurun waktu 1975–2025. Untuk mengisi kesenjangan tersebut, penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik, yakni analisis kuantitatif terhadap publikasi ilmiah untuk menilai tren, kolaborasi, dan evolusi pengetahuan dalam suatu bidang. Dengan memanfaatkan basis data Scopus, pendekatan ini memungkinkan pemetaan struktur pengetahuan ilmiah secara global, termasuk tren topik, kontributor utama, serta arah penelitian masa depan terkait topik ikan asap.

METODE PENELITIAN

Prosedur Pengumpulan Data dan Strategi Pencarian Literatur

Analisis bibliometrik dilakukan untuk mengeksplorasi lanskap penelitian global

tentang ikan asap. Data bibliometrik diambil dari basis data Scopus pada September 2025 yang menggunakan string kueri sebagai berikut: TITLE-ABS-KEY ("smoked fish"). Scopus (Elsevier) dipilih menjadi sumber utama data bibliometrik karena memiliki cakupan yang luas terhadap disiplin ilmu interdisipliner yang sangat relevan dengan topik terkait ikan asap. Basis data ini mencakup jurnal bereputasi yang mampu memberikan gambaran representasi secara komprehensif terhadap tren global riset ikan asap. Pencarian artikel dibatasi pada dokumen yang diterbitkan antara tahun 1975 hingga 2025 untuk menangkap dinamika riset dalam lima dekade terakhir sehingga menghasilkan 2108 dokumen. Fokus dokumen yang dianalisis hanya berupa artikel penelitian untuk dianalisis. Namun, untuk dokumen review, prosiding, konferensi, dan buku tidak dimasukkan untuk dianalisis. Untuk memastikan analisis tren penelitian yang terfokus, hanya artikel penelitian asli yang dipertahankan, dan artikel tinjauan dikecualikan menggunakan kode kolom AND NOT. Selain itu, pencarian dokumen difokuskan pada artikel berbahasa Inggris untuk menjaga konsistensi analisis lintas publikasi sehingga menghasilkan 910 dokumen. Dataset dieksport dalam format CSV untuk analisis jaringan menggunakan VOSviewer, dan format BibTeX untuk pemrosesan lebih lanjut di RStudio. Metadata ini mencakup informasi bibliografi, abstrak, kata kunci, data sitasi, serta afiliasi penulis. Pada Gambar 1 menggambarkan alur penelitian secara menyeluruh. Keterbatasan utama kajian ini terletak pada penggunaan publikasi yang hanya terindeks di Scopus, sehingga ada kemungkinan sejumlah karya relevan tidak tercakup dalam basis data tersebut.



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

Jumlah Publikasi Ilmiah per Tahun

Analisis "Annual Scientific Production" mengenai produk ikan asap dari 1975 hingga 2025 menunjukkan perkembangan signifikan dalam penelitian terkait produk ini selama lima dekade terakhir. Pada dekade pertama (1975-1985), publikasi ilmiah mengenai ikan asap terbatas, dengan fokus pada teknik pengasapan dan daya tahan produk. Ikan asap pada masa itu dianggap sebagai produk tradisional yang kurang mendapat perhatian ilmiah. Pada dekade kedua (1986-1995), terdapat peningkatan publikasi yang memperkenalkan topik kualitas sensori dan aspek kesehatan, seperti kandungan gizi dan manfaat

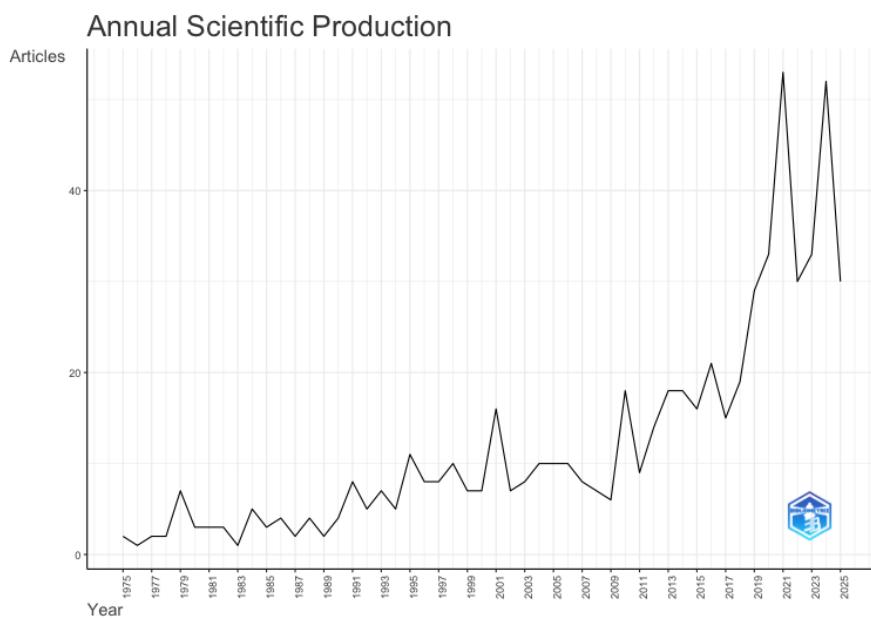
kesehatan. Penelitian juga mulai membahas teknik pengasapan yang lebih efisien. Memasuki dekade ketiga (1996-2005), lonjakan signifikan terjadi dengan penelitian yang lebih mendalam, mencakup aspek mikrobiologi, keberlanjutan produksi, dan dampak pengasapan terhadap kualitas gizi ikan. Fokus pada kontrol kualitas dan keberlanjutan produksi semakin penting.

Pada dekade keempat (2006-2015), kemajuan teknologi pengolahan ikan asap terlihat jelas, dengan penggunaan bahan bakar ramah lingkungan dan teknik yang mengurangi kerugian gizi. Penelitian juga melibatkan aspek pemasaran, pengemasan, serta preferensi konsumen. Pada dekade terakhir (2016-2025), terjadi lonjakan besar dalam publikasi ilmiah mengenai ikan asap, menunjukkan

perhatian global terhadap produk ini. Penelitian berfokus pada inovasi dalam proses pengasapan, keberlanjutan produksi, serta pengurangan natrium dan bahan pengawet untuk meningkatkan kualitas dan keamanan produk.

Secara keseluruhan, evolusi penelitian ikan asap menunjukkan pergeseran dari aspek teknis dan kualitas dasar produk ke

pendekatan yang lebih modern, termasuk keberlanjutan, kesehatan, dan teknologi. Teori yang dapat ditarik adalah bahwa perubahan ini mencerminkan pergeseran dari paradigma tradisional ke paradigma modern dalam industri pengolahan pangan, sejalan dengan pendekatan keberlanjutan dalam produksi pangan (FAO, 2021).



Gambar 2. Jumlah Publikasi Ilmiah per Tahun

Sumber Referensi Paling Relevan

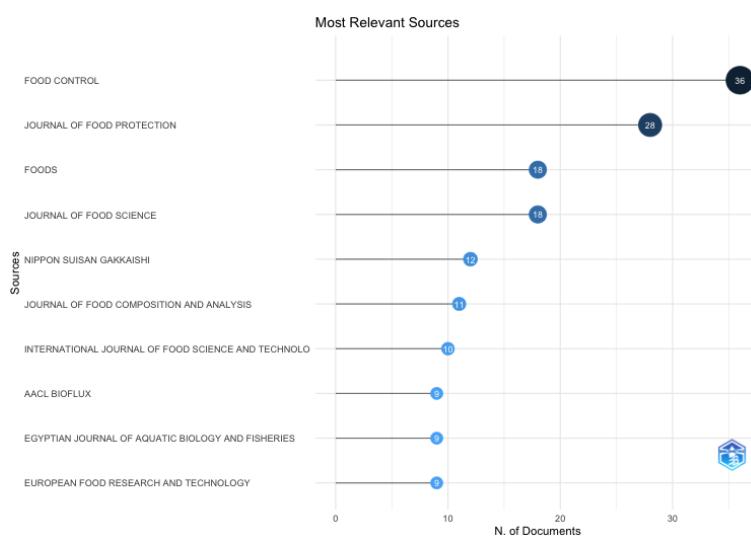
Penelitian terkait ikan asap telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, dengan publikasi yang terus meningkat seiring berjalannya waktu. Jumlah dokumen yang diterbitkan dalam berbagai jurnal ilmiah menunjukkan tren signifikan dalam topik ini, mencakup berbagai aspek terkait dengan pengolahan, kualitas, dan keamanan produk ikan asap. Analisis jumlah sitasi per dekade memberikan gambaran tentang seberapa besar perhatian yang diberikan oleh komunitas ilmiah terhadap topik ini. Hal ini mencerminkan pentingnya ikan asap

dalam penelitian pangan, dengan fokus yang semakin mendalam pada teknik pengawetan, pengendalian mikroba, dan nilai gizi. Penjelasan lebih lanjut mengenai distribusi sumber-sumber artikel ini dijelaskan dalam Gambar 3.

Grafik jumlah dokumen menunjukkan "Food Control" sebagai jurnal paling relevan dalam topik ikan asap dengan 36 publikasi, menegaskan bahwa isu kontrol kualitas dan keamanan produk adalah perhatian utama. Diikuti oleh "Journal of Food Protection" (28 dokumen) dan "Foods" (18 dokumen), tren publikasi mencerminkan fokus yang luas pada perlindungan pangan dan studi produk makanan, termasuk pengolahan dan

pengawetan ikan asap. Jurnal lain yang signifikan meliputi "Journal of Food Science" (18 dokumen), "International Journal of Food Science and Technology" (10 dokumen), dan beberapa jurnal dengan 9 dokumen seperti "Nippon Suisan Gakkaishi," menunjukkan bahwa penelitian tidak terbatas pada isu keamanan. Publikasi di jurnal-jurnal ini sering membahas aspek teknis, kimiawi, komposisi gizi, dan kualitas organoleptik

(rasa, tekstur) dari ikan asap. Secara keseluruhan, distribusi publikasi ini menyoroti sifat multidisiplin dari penelitian ikan asap, yang mengintegrasikan kimia, mikrobiologi, dan teknologi pengolahan pangan. Tujuannya adalah untuk mengendalikan risiko mikroba, memperpanjang masa simpan, dan memastikan produk ikan asap tidak hanya aman dikonsumsi, tetapi juga mempertahankan kualitas terbaiknya.



Gambar 3. Sumber Referensi Paling Relevan

Tren Produksi Ilmiah Berdasar Sumber

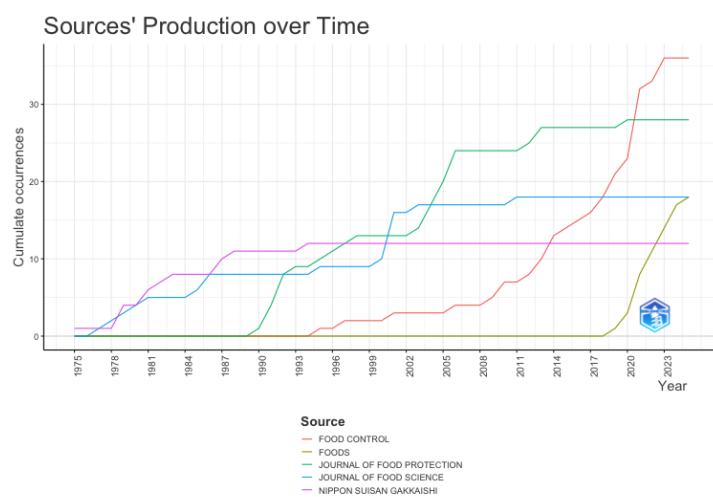
Penelitian tentang ikan asap menunjukkan perkembangan signifikan dalam jumlah publikasi selama beberapa dekade terakhir. Peningkatan jumlah dokumen yang diterbitkan per dekade mencerminkan meningkatnya minat terhadap topik ini, terutama dalam hal kontrol kualitas, keamanan pangan, dan teknologi pengolahan. Grafik yang disajikan menunjukkan bagaimana sumber-sumber publikasi utama mengalami lonjakan, dengan puncaknya terjadi pada dekade terakhir, yakni antara tahun 2020 hingga 2023. Hal ini menggambarkan pentingnya ikan asap

dalam studi ilmiah yang berkaitan dengan pengawetan pangan dan kualitas produk. Penjelasan lebih rinci terkait distribusi jumlah publikasi ini dapat dilihat dalam Gambar 4.

Grafik perkembangan kumulatif dokumen tentang ikan asap (1975-2023) menunjukkan bahwa penelitian topik ini mengalami lonjakan signifikan setelah 2010. Peningkatan paling tajam terlihat pada jurnal "Food Control" dan "Journal of Food Protection", khususnya pada periode 2020-2023. Tren ini mengindikasikan perhatian yang sangat meningkat terhadap kontrol kualitas, pengawetan, dan keamanan pangan

terkait ikan asap. Kontribusi dalam jurnal-jurnal ini sering kali membahas isu pengendalian mikroba dan pengujian keamanan produk. Jurnal lain seperti "Journal of Food Science" dan "Nippon Suisan Gakkaishi" menunjukkan pertumbuhan yang lebih stabil sejak awal 2000-an. Jurnal-jurnal ini cenderung berfokus pada aspek teknis dan komposisi kimia ikan asap, termasuk perubahan fisikokimia selama proses pengasapan. Secara keseluruhan,

pertumbuhan publikasi ini mencerminkan relevansi topik ikan asap yang semakin berkembang. Peningkatan tajam pasca-2010 menunjukkan pergeseran fokus riset menjadi multidisipliner, menggabungkan ilmu mikrobiologi, kimia pangan, dan teknologi pengolahan. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kualitas dan keberlanjutan produk ikan asap di pasar global melalui pemahaman yang lebih baik tentang pengawetan dan keamanan produk.



Gambar 4. Tren Produksi Ilmiah Berdasarkan Sumber

Penelitian Utama dalam Bidang Terkait

Penelitian mengenai ikan asap melibatkan kontribusi signifikan dari berbagai penulis yang telah menerbitkan dokumen terkait topik ini sepanjang dekade terakhir. Jumlah sitasi per dekade menunjukkan adanya peningkatan yang jelas, dengan penulis-penulis utama terus berkontribusi pada literatur ilmiah terkait mikrobiologi, pengolahan, dan keamanan pangan ikan asap. Penulis seperti Kasahara, Kayoko, dan Mahillon, Jacques, yang memiliki jumlah publikasi terbanyak, menunjukkan tren yang berkembang pesat dalam kajian tentang

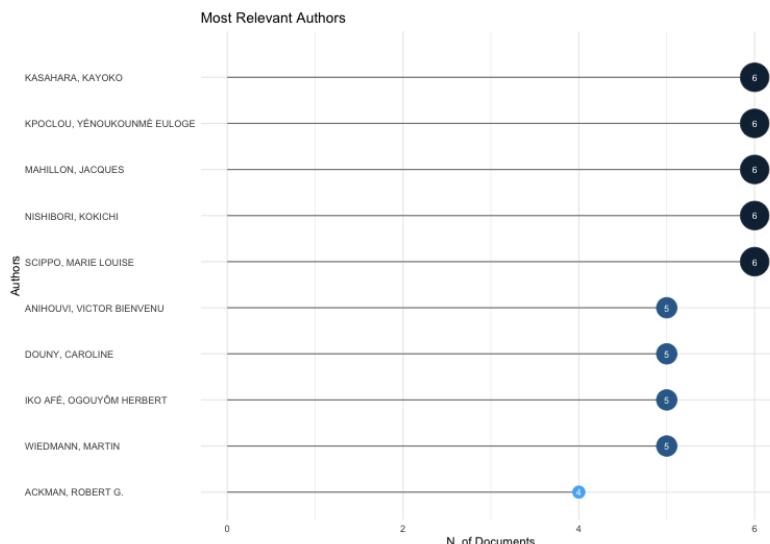
teknik pengawetan dan kualitas produk ikan asap. Penjelasan lebih lanjut mengenai kontribusi penulis ini dan relevansi karya mereka dapat dilihat dalam Gambar 5.

Grafik penulis paling relevan dalam penelitian ikan asap menunjukkan kontribusi signifikan dari sejumlah individu, dengan enam penulis teratas mencatatkan masing-masing 6 dokumen terkait. Kelompok ini meliputi Kasahara, Kayoko; Kpoclou, Yénoukounumè Euloge; Mahillon, Jacques; Nishibori, Kokichi; Scippo, Marie Louise; dan Anihouvi, Victor Bienvenu.

Kelompok penulis dengan 5 dokumen

juga berperan penting, termasuk Douny, Caroline; Iko Afé, Ogouyôm Herbert; Wiedmann, Martin; dan Ackman, Robert G. Distribusi ini menyimpulkan bahwa penelitian ikan asap adalah bidang multidisiplin yang menarik minat ilmuwan dengan spesialisasi berbeda. Penulis terkemuka berfokus pada aspek teknis, mikrobiologis, dan kimiawi, khususnya kontrol mikroba dan keamanan pangan untuk memastikan produk aman dan memperpanjang masa simpan. Misalnya, Kasahara dan Mahillon sering meneliti

pengendalian mikroba, sementara Scippo dan Douny berfokus pada perubahan kimiawi dan dampaknya terhadap nilai gizi. Penelitian lain oleh penulis seperti Ackman dan Iko Afé membahas komposisi lemak dan kualitas organoleptik (rasa, aroma, tekstur). Kolaborasi antar-penulis dengan berbagai keahlian ini memperkaya literatur ilmiah, mendorong perkembangan pengetahuan mendalam mengenai pengolahan, kualitas, dan keamanan produk ikan asap.



Gambar 5. Peneliti Utama dalam Bidang Terkait

Tren Publikasi Penulis dari Waktu ke Waktu

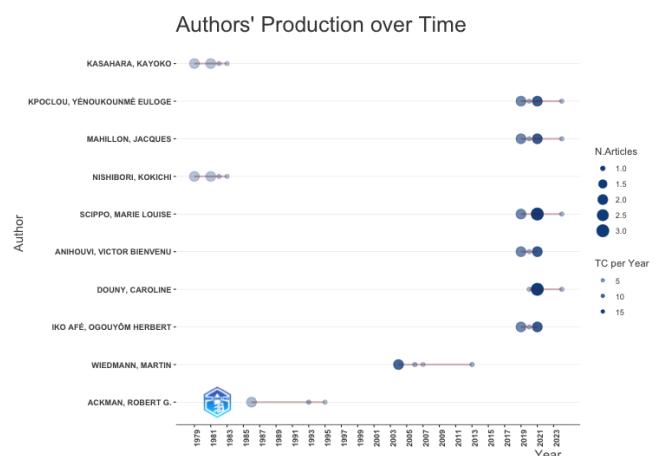
Penelitian terkait ikan asap menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi per dekade, dengan kontribusi besar dari beberapa penulis utama. Penulis seperti Kasahara, Kayoko, dan Mahillon, Jacques, mencatatkan lonjakan produksi artikel yang signifikan sejak 2010, mencerminkan fokus yang lebih besar pada topik ini dalam beberapa tahun terakhir. Peningkatan jumlah artikel dan

kutipan ini mencerminkan perkembangan penelitian yang lebih intensif, terutama dalam bidang mikrobiologi, pengawetan, dan kualitas produk ikan asap. Penjelasan lebih rinci tentang tren ini dapat dilihat dalam Gambar 6.

Grafik perkembangan produksi artikel tentang ikan asap (1970-2023) menunjukkan lonjakan signifikan setelah tahun 2000, dengan puncaknya pada 2010-2020, mencerminkan perhatian pada topik ini. Penulis utama seperti Kasahara, Kayoko dan Kpoclou, Yénoukounmè Euloge menonjol dengan

peningkatan produksi artikel yang signifikan dalam periode 2010-2020, dengan Kasahara menjadi kontributor yang konsisten hingga 2023. Mahillon, Jacques juga mencatatkan peningkatan yang moderat. Kontribusi mereka menunjukkan dominasi dan fokus yang berkembang pada teknik pengawetan, kualitas pangan, serta aspek mikrobiologi dalam ikan asap. Sementara penulis lain seperti Nishibori, Kokichi juga aktif belakangan ini, penulis seperti Ackman, Robert G. dan Wiedmann, Martin memiliki fokus publikasi yang lebih terkonsentrasi

pada tahun 1990-an dan awal 2000-an. Secara keseluruhan, peningkatan produksi publikasi ini menegaskan bahwa penelitian ikan asap, yang mencakup disiplin ilmu seperti mikrobiologi dan kimia pangan, telah memperoleh perhatian yang lebih besar dalam dua dekade terakhir. Fokus penelitian bergeser untuk memastikan keamanan pangan, kualitas produk, dan pemahaman mendalam tentang proses pengolahan ikan asap, yang berkontribusi pada pengembangan teknologi yang lebih baik untuk produk yang aman dan bergizi.



Gambar 6. Tren Publikasi Penulis dari Waktu ke Waktu

Afiliasi Penulis Paling Produktif

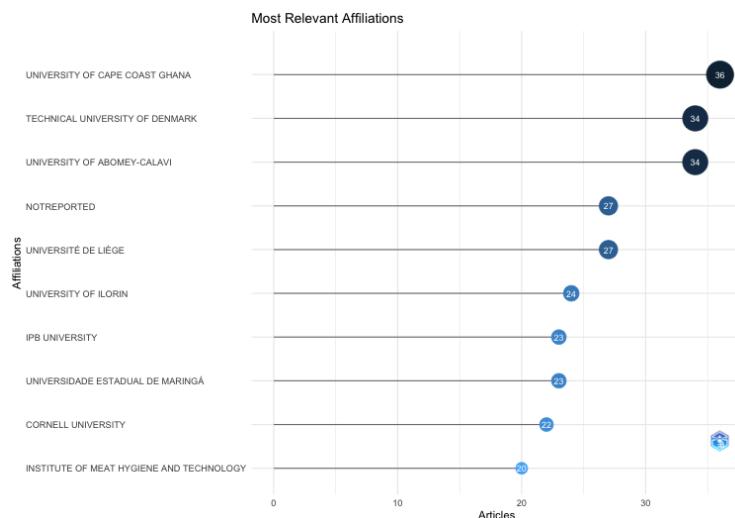
Penelitian mengenai ikan asap menunjukkan kontribusi signifikan dari berbagai universitas dan lembaga riset di seluruh dunia, dengan jumlah publikasi yang terus meningkat per dekade. Beberapa afiliasi terkemuka, seperti University of Cape Coast Ghana dan Technical University of Denmark, menunjukkan lonjakan publikasi yang cukup besar, mencerminkan minat yang berkembang dalam topik ini, terutama terkait dengan pengolahan, kualitas, dan pengawetan ikan asap. Peningkatan jumlah artikel yang diterbitkan oleh

afiliasi-afiliasi ini menggambarkan pentingnya kolaborasi internasional dalam penelitian pangan. Penjelasan lebih lanjut mengenai distribusi kontribusi dari masing-masing afiliasi ini dapat dilihat dalam Gambar 7.

Grafik distribusi publikasi afiliasi dalam penelitian ikan asap menunjukkan University of Cape Coast Ghana (36 artikel) sebagai kontributor terkemuka. Posisi ini diikuti ketat oleh Technical University of Denmark dan University of Abomey-Calavi, masing-masing dengan 34 artikel, menyoroti fokus kuat pada topik ini di Ghana, Denmark, dan Benin.

Kontribusi signifikan juga terlihat dari Université de Liège, University of Lorin, dan IPB University, masing-masing mencatatkan lebih dari 20 publikasi. Distribusi ini menunjukkan bahwa riset ikan asap adalah upaya internasional dan multidisiplin, tidak terbatas pada satu wilayah geografis. Lembaga-lembaga ini berkontribusi pada berbagai aspek, termasuk mikrobiologi pangan, teknologi pengolahan, dan kimia makanan. Misalnya, Technical University of Denmark berfokus pada kualitas produk, kandungan nutrisi, dan pengendalian mikroba, sementara University of Cape

Coast Ghana menekankan pengolahan dan pengawetan. Penelitian dari institusi lain, seperti Université de Liège dan IPB University, turut menyumbang pada pemahaman aspek organoleptik (rasa, aroma, tekstur). Secara keseluruhan, kontribusi dari beragam lembaga akademik ini memperkuat pemahaman tentang ikan asap, yang mengarah pada peningkatan kualitas, keamanan, dan keberlanjutan produk di pasar global. Kategori "Not Reported" juga mengindikasikan adanya penelitian yang lebih tersebar dari sumber yang kurang teridentifikasi.



Gambar 7. Afiliasi Penulis Paling Produktif

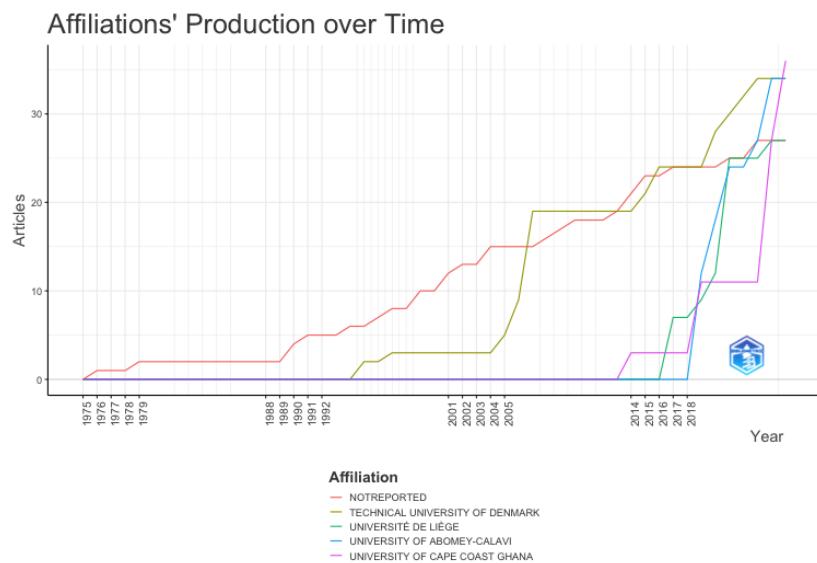
Tren Produktivitas Institusi Selama Periode Penelitian

Penelitian mengenai ikan asap menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi per dekade, dengan lonjakan yang jelas setelah tahun 2010. Beberapa universitas dan lembaga riset, seperti University of Cape Coast Ghana dan Technical University of Denmark, muncul sebagai kontributor utama, mencatatkan pertumbuhan artikel yang sangat pesat pada tahun 2015 dan

seterusnya. Hal ini mencerminkan perhatian yang berkembang dalam topik ini, terutama terkait dengan teknologi pengolahan dan pengawetan ikan. Penjelasan lebih lanjut mengenai distribusi kontribusi afiliasi ini dapat dilihat dalam Gambar 8. Berdasarkan grafik perkembangan publikasi artikel tentang ikan asap (1975-2023), topik ini mengalami lonjakan signifikan sejak awal 2010-an, mencerminkan peningkatan perhatian global. University of Cape Coast Ghana muncul sebagai kontributor

utama dengan pertumbuhan dramatis setelah 2010, dan mencapai jumlah artikel tertinggi pada periode 2018 ke atas, menunjukkan fokus intensif pada topik ini. Technical University of Denmark dan University of Abomey-Calavi juga menunjukkan peningkatan kuat sejak 2015, menandakan adanya fokus baru dan intensif dalam riset ikan asap di institusi-institusi tersebut, terutama terkait teknologi pengolahan dan keamanan pangan. Sebaliknya, Université de Liège menunjukkan kontribusi yang lebih stabil namun terbatas. Kategori "Not Reported" menyiratkan adanya kontribusi signifikan

dari lembaga-lembaga yang tidak teridentifikasi secara jelas, menunjukkan penelitian yang lebih tersebar. Secara keseluruhan, tren ini menunjukkan penelitian ikan asap telah berkembang pesat, melibatkan fokus multidisiplin pada pengawetan, pengolahan, dan kontrol mikrobiologi. Lembaga-lembaga terkemuka memainkan peran kunci dalam memajukan teknik pengasapan yang lebih baik dan aman, serta dalam memahami perubahan kimiawi yang terjadi selama proses tersebut, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas dan keberlanjutan produk ikan asap di pasar global.



Gambar 8. Tren Produktivitas Institusi Selama Periode Penelitian

Kontribusi Publikasi Ilmiah per Negara

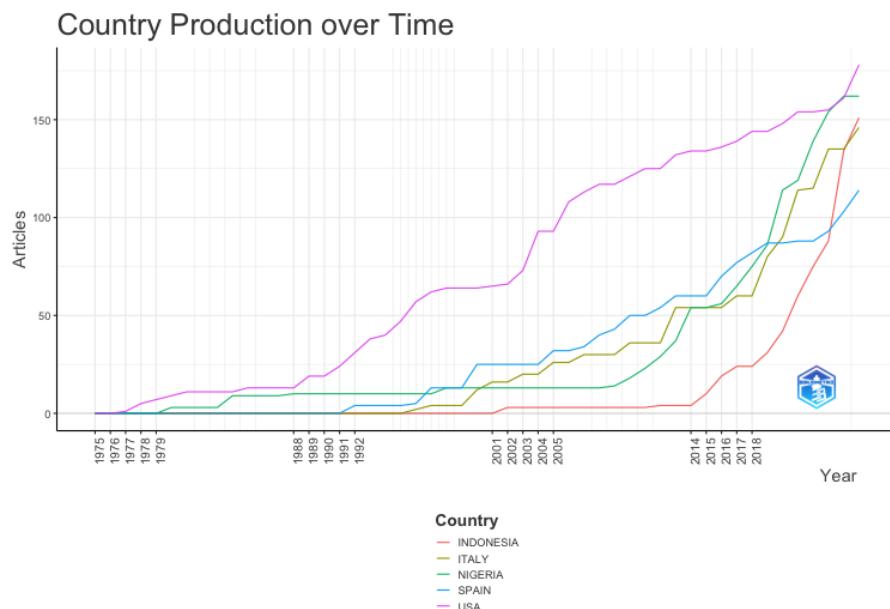
Penelitian tentang ikan asap menunjukkan tren peningkatan publikasi yang signifikan per dekade, dengan lonjakan tajam pada tahun 2010-an, terutama di negara-negara seperti Indonesia, Italia, dan Nigeria. Negara-negara ini menunjukkan kontribusi besar terhadap literatur ilmiah terkait pengolahan dan pengawetan ikan, mencerminkan perhatian global yang semakin berkembang terhadap topik ini.

Peningkatan jumlah publikasi yang terlihat pada negara-negara tersebut menunjukkan pentingnya ikan asap dalam konteks pengolahan pangan, kualitas produk, dan teknologi pengawetan. Penjelasan lebih lanjut mengenai tren publikasi ini dapat dilihat dalam Gambar 9.

Gambar ini menunjukkan perkembangan jumlah publikasi tentang ikan asap berdasarkan negara dari 1975 hingga 2023. Lima negara dengan kontribusi tertinggi adalah Indonesia, Italia, Nigeria, Spanyol, dan Amerika Serikat. Indonesia

(garis merah) mengalami lonjakan tajam sejak 2010, menandakan meningkatnya minat terhadap penelitian ikan asap. Italia dan Nigeria juga menunjukkan peningkatan signifikan, sementara Spanyol dan Amerika Serikat mencatat tren lebih stabil namun tetap penting. Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan peningkatan global dalam riset ikan asap sejak 2015, dengan fokus pada keamanan pangan dan inovasi teknologi pengolahan. Analisis menunjukkan bahwa lonjakan publikasi terutama terjadi di negara-negara dengan tradisi pengolahan ikan yang kuat. Pertumbuhan pesat di Indonesia

mencerminkan pentingnya ikan sebagai sumber pangan dan kebutuhan akan teknik pengolahan yang mempertahankan nilai gizi serta umur simpan. Di Italia dan Spanyol, penelitian menitikberatkan pada kualitas produk dan inovasi pengasapan untuk memenuhi standar Eropa. Sementara di Amerika Serikat, riset berfokus pada mikrobiologi dan keamanan pengolahan. Tren ini menunjukkan pendekatan multidisiplin yang mencakup teknologi, keamanan pangan, dan kualitas gizi, menegaskan bahwa ikan asap menjadi topik penting dalam pengembangan pangan global yang aman, bergizi, dan berkelanjutan.



Gambar 9. Kontribusi Publikasi Ilmiah per Negara

Publikasi dengan Sitasi Global Tertinggi

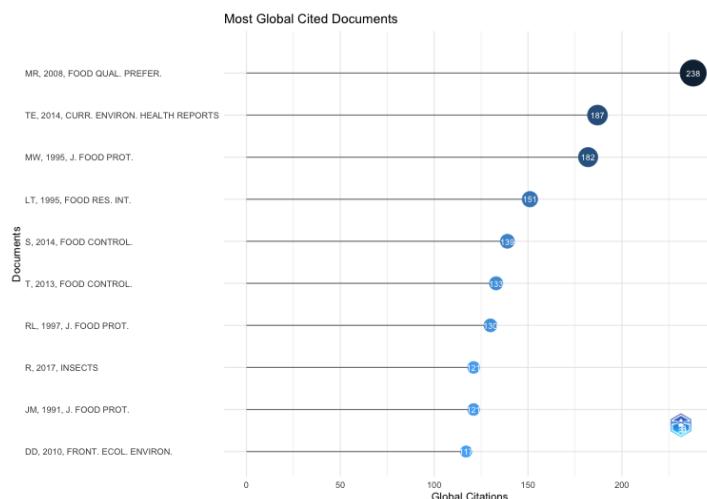
Penelitian terkait ikan asap menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah sitasi per dekade, dengan beberapa dokumen utama yang memperoleh banyak kutipan global. Dokumen-dokumen yang paling banyak dikutip berfokus pada aspek kualitas organoleptik, pengendalian mikroba, dan

pengawetan, yang menunjukkan perhatian besar terhadap keamanan dan kualitas produk ikan asap. Puncak kutipan terjadi pada artikel-artikel yang diterbitkan pada 1990-an hingga 2010-an, mencerminkan semakin berkembangnya riset di bidang ini. Penjelasan lebih lanjut mengenai dokumen yang paling banyak dikutip dapat dilihat dalam Gambar 10.

Gambar ini menampilkan dokumen

yang paling banyak dikutip terkait topik ikan asap dalam berbagai jurnal internasional. Dokumen dengan kutipan tertinggi adalah karya MR (2008) di *Food Quality and Preference* dengan 238 kutipan, diikuti oleh TE (2014) di *Current Environmental Health Reports* (187 kutipan) dan MW (1995) di *Journal of Food Protection* (182 kutipan). Sebagian besar dokumen ini berfokus pada kualitas, keamanan, dan dampak lingkungan terhadap produk pangan seperti ikan asap. Meskipun beberapa dokumen lain memiliki jumlah kutipan lebih sedikit, semuanya tetap berkontribusi terhadap pemahaman ilmiah tentang pengolahan dan pengendalian kualitas ikan asap. Analisis terhadap grafik ini menunjukkan bahwa penelitian yang paling berpengaruh cenderung menyoroti aspek kualitas dan pengendalian mikroba. Artikel MR (2008)

menekankan pentingnya kualitas organoleptik—rasa, aroma, dan tekstur—yang menjadi perhatian utama dalam pengolahan ikan asap. MW (1995) dan LT (1995) menyoroti peran pengendalian mikroba dalam menjamin keamanan pangan, sementara TE (2014) membahas implikasi kesehatan dari produk ikan asap yang diawetkan. Secara keseluruhan, penelitian yang paling sering dikutip memperlihatkan bahwa fokus utama dalam kajian ikan asap adalah pada jaminan mutu dan keamanan konsumsi. Kajian-kajian ini menegaskan pentingnya pendekatan multidisiplin yang mencakup teknologi pengolahan, mikrobiologi, dan kesehatan masyarakat untuk memastikan ikan asap tetap aman, bergizi, dan berkualitas tinggi. Peningkatan jumlah kutipan global menunjukkan bahwa topik ini terus mendapat perhatian besar dalam penelitian ilmiah modern.



Gambar 10. Publikasi dengan Sitasi Global Tertinggi

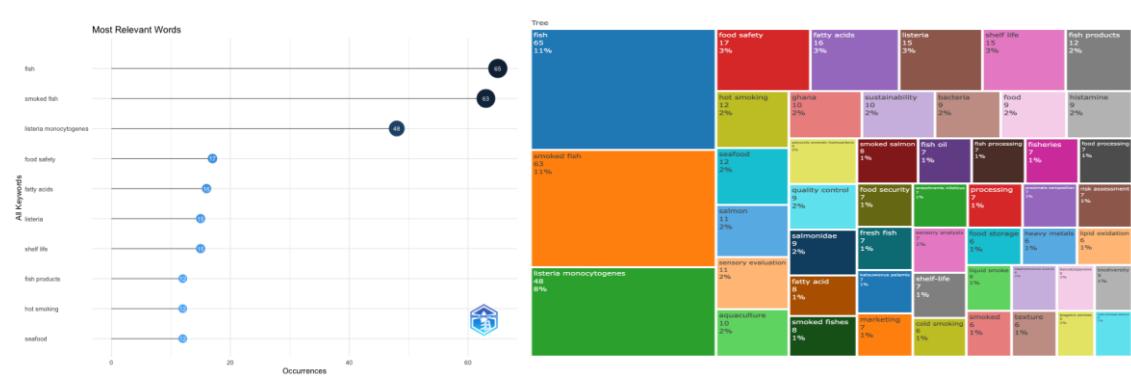
Kata Kunci Paling Relevan

Penelitian terkait ikan asap menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah sitasi per dekade, dengan fokus utama pada kualitas, keamanan pangan, dan pengawetan produk. Kata

kunci seperti "fish," "smoked fish," dan "listeria monocytogenes" muncul paling sering, menunjukkan bahwa isu mikrobiologi dan pengendalian kualitas produk menjadi perhatian utama dalam studi tentang ikan asap. Selain itu, kata kunci lainnya seperti "food safety" dan

"shelf life" juga mencerminkan pentingnya aspek keamanan dan daya simpan produk. Penjelasan lebih lanjut tentang kata kunci yang paling relevan dapat dilihat dalam Gambar 11. Gambar pertama menampilkan daftar kata kunci paling relevan terkait topik ikan asap berdasarkan frekuensi kemunculan dalam publikasi ilmiah. Kata kunci yang paling sering muncul adalah *fish* (65 kali), *smoked fish* (63 kali), dan *Listeria monocytogenes* (48 kali). Kata kunci lain seperti *food safety*, *fatty acids*, dan *shelf*

life juga sering muncul, masing-masing 17, 16, dan 15 kali. Hal ini menunjukkan bahwa isu utama penelitian ikan asap berfokus pada kualitas, keamanan, dan nilai gizi produk. Pada gambar kedua, peta kata (word cloud) memperkuat temuan ini, menampilkan dominasi kata "fish," "smoked fish," dan "Listeria monocytogenes," serta istilah lain seperti *food security*, *sensory evaluation*, dan *food processing*, yang mencerminkan perhatian pada pengawetan, keamanan mikrobiologis, dan evaluasi sensorik.



Gambar 11. Kata Kunci Paling Relevan

Struktur Kolaborasi

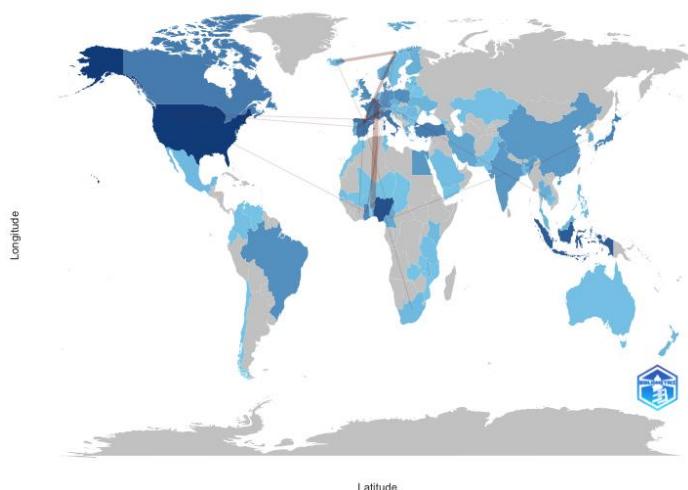
Penelitian terkait ikan asap menunjukkan kolaborasi internasional yang semakin meningkat, dengan beberapa negara seperti Amerika Serikat, Jerman, dan negara-negara Eropa Barat menunjukkan kontribusi yang lebih besar dalam publikasi terkait topik ini. Peta yang disajikan menggambarkan bagaimana negara-negara dengan tradisi panjang dalam pengolahan ikan memainkan peran dominan, sementara negara-negara di Asia dan Afrika mulai menunjukkan peningkatan minat dalam penelitian ini. Kolaborasi internasional yang tercermin dari pola ini menunjukkan perkembangan global dalam pengolahan dan keamanan pangan terkait ikan asap. Penjelasan lebih rinci mengenai struktur kolaborasi ini

dapat dilihat dalam Gambar 12.

Gambar ini menampilkan peta dunia yang menggambarkan pola kolaborasi internasional dalam penelitian ikan asap berdasarkan distribusi geografis kontribusi ilmiah. Warna biru menunjukkan tingkat kontribusi, dengan Amerika Serikat, Jerman, dan Kanada tampak paling menonjol karena memiliki kolaborasi dan publikasi terbanyak. Negara-negara Eropa Barat seperti Prancis, Inggris, dan Belanda juga menunjukkan intensitas tinggi, sedangkan wilayah Asia (Jepang dan India) serta Afrika (Nigeria) memperlihatkan peningkatan partisipasi dalam beberapa tahun terakhir. Garis penghubung antarnegara pada peta menggambarkan jaringan kolaborasi yang luas di berbagai

benua. Analisis terhadap peta ini menunjukkan bahwa kolaborasi internasional dalam penelitian ikan asap didominasi oleh negara-negara dengan tradisi kuat dalam pengolahan ikan, seperti Amerika Serikat dan negara-negara Eropa Barat. Mereka tidak hanya menghasilkan publikasi terbanyak, tetapi juga membangun jaringan penelitian global. Sebaliknya, negara berkembang di Asia dan Afrika masih memiliki kontribusi lebih rendah, namun menunjukkan potensi besar untuk berkembang. Kolaborasi ini mencerminkan

meningkatnya perhatian global terhadap keamanan, kualitas, dan keberlanjutan pengolahan ikan asap. Negara-negara maju berfokus pada pengendalian mikroba dan inovasi teknologi, sementara negara berkembang mulai mengeksplorasi teknik pengawetan dan efisiensi produksi. Secara keseluruhan, kolaborasi lintas negara memperkuat pertukaran pengetahuan dan mendorong pengembangan teknologi yang lebih baik untuk memastikan produk ikan asap yang aman, bergizi, dan berkualitas tinggi di pasar global.



Gambar 12. Struktur Kolaborasi

Prospek dan Isu Penelitian Masa Depan

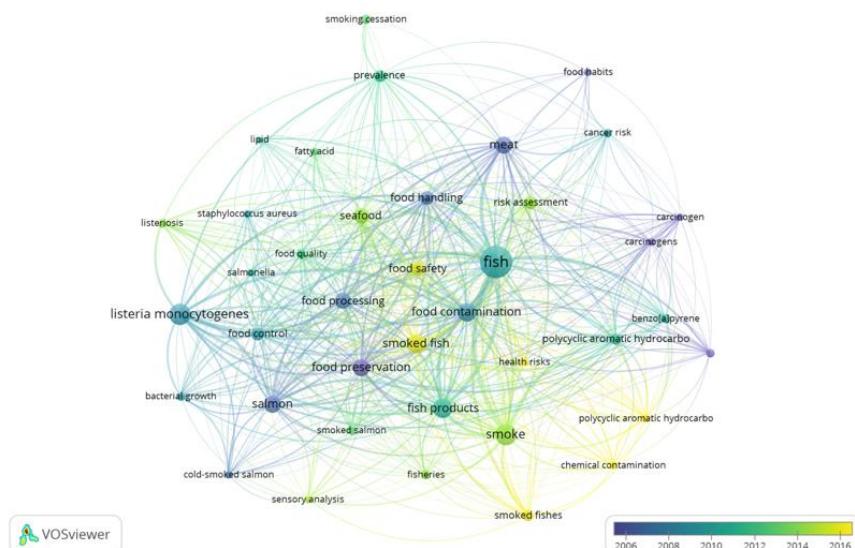
Penelitian tentang ikan asap menunjukkan perkembangan yang signifikan per dekade, dengan peningkatan fokus pada aspek keamanan pangan dan teknologi pengolahan. Kata kunci utama seperti "food safety," "listeria," dan "smoked fish" menunjukkan bahwa topik terkait dengan pengendalian mikroba dan kualitas produk tetap menjadi prioritas. Selain itu, munculnya kata kunci seperti "cold smoking" dan "chemical contamination" menandakan

adanya perhatian yang semakin besar terhadap teknik pengolahan yang aman dan potensi dampak kimiawi dalam produksi ikan asap. Penjelasan lebih lanjut tentang tren dan tantangan yang ada dapat dilihat dalam Gambar 13.

Gambar 13 menunjukkan jaringan ko-okurensi kata kunci dalam penelitian ikan asap yang menggambarkan evolusi topik penelitian dari waktu ke waktu melalui warna yang mencerminkan tahun publikasi. Kata kunci utama seperti *fish* dan *food safety* terhubung erat dengan *listeria monocytogenes*, *food*

preservation, dan *smoking*. Warna hijau menandakan topik lama, sedangkan biru muda dan kuning menunjukkan topik baru (2010–2016), seperti *cold smoking* dan *chemical contamination*, yang mencerminkan fokus pada teknik pengolahan modern dan pengendalian risiko. Hubungan antara *food products*, *quality control*, dan *sensory evaluation* menegaskan pentingnya integrasi aspek kualitas dan sensorik dalam pengolahan ikan asap. Secara keseluruhan, penelitian terkini berfokus pada dua aspek utama: keamanan pangan dan teknologi

pengolahan. Topik *food safety* dan *listeria monocytogenes* menyoroti pentingnya pengendalian mikroba, sedangkan *cold smoking* dan *chemical contamination* menandakan perhatian terhadap keamanan dan keberlanjutan proses. Selain itu, fokus pada *quality control* dan *sensory evaluation* menunjukkan upaya peningkatan kualitas rasa, tekstur, dan aroma. Tantangan utama ke depan adalah menciptakan metode pengasapan yang aman, ramah lingkungan, dan menghasilkan produk berkualitas tinggi yang memenuhi ekspektasi konsumen.



Gambar 13. Prospek dan Isu Penelitian Masa Depan

PEMBAHASAN

Temuan utama dari analisis bibliometrik yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan adanya perkembangan yang signifikan dalam publikasi terkait pengasapan ikan dari tahun 1975 hingga 2025. Selama lima dekade terakhir, jumlah publikasi tentang ikan asap mengalami peningkatan pesat, terutama dalam dua dekade terakhir. Pada dekade pertama, publikasi terbatas pada aspek dasar pengolahan dan daya tahan produk, namun pada dekade

berikutnya, topik penelitian mulai berfokus pada kualitas sensori, kesehatan, dan keberlanjutan. Pada dekade terakhir (2016-2025), tema penelitian semakin beragam, mencakup teknologi pengolahan modern, keberlanjutan, dan inovasi untuk meningkatkan kualitas produk ikan asap. Peningkatan jumlah publikasi mencerminkan perhatian global yang lebih besar terhadap ikan asap, baik dari segi aspek teknis maupun kesehatannya.

Temuan ini sejalan dengan penelitian

sebelumnya yang menyoroti pentingnya pengasapan sebagai teknik pengawetan pangan yang tidak hanya memperpanjang umur simpan tetapi juga memberikan kontribusi pada pengendalian mikroba (Abdel-Aziz et al., 2016; Fadiji et al., 2023; Gould, 1996). Fokus pada kualitas organoleptik, seperti rasa, aroma, dan tekstur ikan asap juga sejalan dengan studi-studi terdahulu (Juanite & Buniel, 2025). Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih banyak mengkaji aspek teknis pengolahan ikan asap, penelitian ini menunjukkan adanya tren penelitian yang berkembang lebih luas, mencakup masalah keberlanjutan, keamanan pangan, dan aplikasi teknologi baru seperti penggunaan bahan bakar ramah lingkungan dalam pengasapan (Akintola & Fakoya, 2017; Barzigar et al., 2025; Doe, 2017). Ada pergeseran fokus dari aspek mikrobiologis menuju isu-isu keberlanjutan dan nutrisi yang lebih dalam. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menunjukkan evolusi topik penelitian yang lebih luas dalam pengasapan ikan, dari aspek mikrobiologi dan gizi menjadi fokus pada keberlanjutan dan regulasi pangan. Selain itu, analisis tren kolaborasi internasional menyoroti pentingnya kerja sama lintas negara dalam pengembangan inovasi untuk pengolahan ikan asap.

Penelitian ini menggambarkan bagaimana topik ikan asap berkembang dari perspektif pengolahan tradisional menuju pengolahan yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Perkembangan teknologi pengasapan, seperti penggunaan *liquid smoke* dan biomassa rendah emisi, merupakan inovasi penting yang menjawab tuntutan pasar terhadap produk pangan yang lebih aman dan ramah lingkungan (Surboyo et al., 2024). Negara-negara seperti Indonesia, Italia, dan Nigeria

menunjukkan peningkatan publikasi yang signifikan, mencerminkan pergeseran global dalam penelitian terkait ikan asap, yang menunjukkan bahwa pengolahan ikan asap tidak lagi terbatas pada negara penghasil ikan utama, tetapi semakin menjadi topik penelitian global.

Temuan ini memperkuat teori siklus hidup produk dalam riset ilmiah, di mana topik ikan asap mengalami fase perkembangan yang pesat setelah periode awal yang lebih lambat. Ini menunjukkan bagaimana topik tertentu dalam bidang pangan, seperti pengasapan ikan, bisa bertransformasi dengan pesat seiring dengan berkembangnya kesadaran akan keberlanjutan dan kesehatan pangan. Praktik pengolahan ikan asap harus berfokus pada peningkatan teknologi yang mendukung pengendalian mikroba serta pengurangan dampak lingkungan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan sistem pengasapan yang efisien dan ramah lingkungan yang juga mempertahankan kualitas organoleptik produk. Temuan ini menunjukkan perlunya kebijakan yang mendukung pengembangan teknologi pengolahan ikan asap yang lebih aman dan ramah lingkungan, serta regulasi yang lebih ketat terkait keamanan pangan dan keberlanjutan produk, seiring dengan meningkatnya permintaan pasar untuk produk yang lebih sehat dan aman.

Salah satu temuan yang agak mengejutkan adalah peningkatan pesat jumlah publikasi terkait ikan asap pada dekade terakhir, terutama dalam konteks penggunaan teknologi baru seperti electrostatic smoking dan biomassa rendah emisi. Hal ini menunjukkan bahwa perhatian terhadap teknologi pengolahan ramah lingkungan dan keberlanjutan industri pengolahan ikan semakin meningkat, meskipun topik ini mungkin

belum begitu populer pada awalnya. Meskipun telah ada banyak penelitian mengenai teknik pengasapan dan dampaknya terhadap kualitas ikan, masih ada kesenjangan dalam studi tentang dampak jangka panjang dari konsumsi ikan asap terhadap kesehatan manusia, terutama terkait dengan kandungan senyawa berbahaya seperti PAHs. Penelitian mendatang harus lebih banyak difokuskan pada inovasi teknologi pengasapan yang lebih efisien dan ramah lingkungan, serta analisis yang lebih mendalam mengenai keberlanjutan pengolahan ikan asap. Selain itu, perlu adanya studi lebih lanjut mengenai regulasi global terkait kualitas dan keamanan produk ikan asap.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan perkembangan signifikan dalam bidang penelitian ikan asap dari 1975 hingga 2025, dengan peningkatan jumlah publikasi yang sangat tajam, terutama pada dua dekade terakhir. Fokus penelitian telah beralih dari aspek teknis dan pengawetan dasar, menuju topik-topik modern seperti keberlanjutan, kualitas sensori, dan teknologi pengasapan ramah lingkungan. Penelitian ini memperlihatkan peran penting ikan asap dalam ketahanan pangan global, dengan perhatian yang meningkat terhadap aspek keamanan pangan dan kontrol mikroba. Selain itu, tren kolaborasi internasional yang semakin kuat mengindikasikan adanya kerja sama lintas negara dalam mengembangkan teknologi dan inovasi di bidang ini. Temuan ini mengonfirmasi adanya pergeseran paradigma dalam pengolahan ikan, dari tradisional ke pendekatan yang lebih modern dan berkelanjutan.

SARAN

Penelitian selanjutnya harus fokus pada inovasi teknologi pengasapan ramah lingkungan dan dampak jangka panjang konsumsi ikan asap, terutama terkait PAHs. Perluasan studi tentang keberlanjutan pengasapan dan teknologi baru seperti *electrostatic smoking* serta *liquid smoke* sangat penting. Selain itu, pengembangan regulasi global terkait kualitas dan keamanan pangan, serta penelitian mengenai aspek organoleptik ikan asap yang mempengaruhi penerimaan pasar, juga perlu ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Aziz, S. M., Asker, M. M. S., Keera, A. A., & Mahmoud, M. G. (2016). Microbial food spoilage: control strategies for shelf life extension. In *Microbes in food and health* (pp. 239–264). Springer.
- Adeyeye, S. A. O., & Oyewole, O. B. (2016). An overview of traditional fish smoking in Africa. *Journal of Culinary Science & Technology*, 14(3), 198–215.
- Akintola, S. L., & Fakoya, K. A. (2017). Small-scale fisheries in the context of traditional post-harvest practice and the quest for food and nutritional security in Nigeria. *Agriculture & Food Security*, 6(1), 34.
- Almohaimeed, F. A., & Abouelnour, K. A. (2025). The Role of Food Processing in Sustaining Food Security Indicators in the Kingdom of Saudi Arabia. *Economies*, 13(3), 84.
- Awais, M., Rehman, M., Shafiq, U., Masood, U., Riaz, S., Kamran, S. Z., & Afzal, A. (n.d.). *Fish in Human Health: Bridging Nutrition, Disease*

- Prevention, and Sustainability.*
- Badoni, P., Nazir, I., Aier, M., Maity, P. B., Samanta, S., & Das, A. (2021). Significant role of fish nutrients with special emphasis to essential fatty acid in human nutrition. *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 10, 2034–2046.
- Balami, S., Sharma, A., & Karn, R. (2019). Significance of nutritional value of fish for human health. *Malaysian Journal of Halal Research*, 2(2), 32–34.
- Barzigar, A., Hosseinalipour, S. M., & Mujumdar, A. S. (2025). Toward sustainable post-harvest practices: A critical review of solar and wind-assisted drying of agricultural produce with integrated thermal storage systems. *Drying Technology*, 43(10), 1463–1494.
- Brustolin, A. P., Soares, J. M., Muraro, K., Schwert, R., Steffens, C., Cansian, R. L., & Valduga, E. (2024). Investigating antimicrobial and antioxidant activity of liquid smoke and physical-chemical stability of bacon subjected to liquid smoke and conventional smoking. *Journal of Food Science*, 89(11), 7217–7227.
- Doe, P. E. (2017). *Fish drying and smoking: Production and quality*. Routledge.
- Fadiji, T., Rashvand, M., Daramola, M. O., & Iwarere, S. A. (2023). A review on antimicrobial packaging for extending the shelf life of food. *Processes*, 11(2), 590.
- Gould, G. W. (1996). Methods for preservation and extension of shelf life. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 51–64.
- Hamed, I., Jakobsen, A. N., & Lerfall, J. (2022). Sustainable edible packaging systems based on active compounds from food processing byproducts: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 198–226.
- Juanite, L., & Buniel, J. (2025). Sensory Evaluation of Smoked Milkfish Based on Consumer Preferences. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 13, 9166–9177. <https://doi.org/10.18535/ijsrn/v13i06.em03>
- Khan, J. (n.d.). *The Vital Role of Fish in Nutrition, Income, Employment and Ecosystem*.
- Khanjani, M. H., Ghaedi, G., & Sharifinia, M. (2025). The role of vitamins in fish farming: growth performance, immunity, disease resistance, and body composition. *Fish Physiology and Biochemistry*, 51(5), 1–50.
- Nizio, E., Czwartkowski, K., & Niedbała, G. (2023). Impact of smoking technology on the quality of food products: Absorption of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) by food products during smoking. *Sustainability*, 15(24), 16890.
- Noreen, S., Hashmi, B., Aja, P. M., & Atoki, A. V. (2025). Health benefits of fish and fish by-products—a nutritional and functional perspective. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1564315.
- Rabiepour, A., Zahmatkesh, F., & Babakhani, A. (2024). Preservation techniques to increase the shelf life of seafood products: An overview. *Journal of Food Engineering and Technology*, 13(1), 1–24.
- Rahman, M. S., & Al-Farsi, K. (2020). Smoking and food preservation. In *Handbook of Food Preservation* (pp. 453–458). CRC Press.
- Speranza, B., Racioppo, A., Bevilacqua, A., Buzzo, V., Marigliano, P., Mocerino, E., Scognamiglio, R., Corbo, M. R., Scognamiglio, G., & Sinigaglia, M. (2021). Innovative

- preservation methods improving the quality and safety of fish products: Beneficial effects and limits. *Foods*, 10(11), 2854.
- Surboyo, M. D. C., Baroutian, S., Puspitasari, W., Zubaidah, U., Handy, P., Cecilia, Mansur, D., Iskandar, B., Ayuningtyas, N. F., Mahdani, F. Y., & Ernawati, D. S. (2024). Health benefits of liquid smoke from various biomass sources: a systematic review. In *BIO Integration* (Vol. 5, Issue 1). Compuscript Ltd. <https://doi.org/10.15212/bioi-2024-0083>
- Tripathi, M. K., Maheshwari, N. V, Kumar, A., Kumar, A., Kate, A., Jadam, R. S., Khan, S., & Chouhan, R. (2025a). Nutrition Biology: A New Paradigm for Human Health. In *Innovations in Ayurvedic Nutrition: Principles and Concepts* (pp. 55–83). Springer.
- Tripathi, M. K., Maheshwari, N. V, Kumar, A., Kumar, A., Kate, A., Jadam, R. S., Khan, S., & Chouhan, R. (2025b). Nutrition Biology: A New Paradigm for Human Health. In *Innovations in Ayurvedic Nutrition: Principles and Concepts* (pp. 55–83). Springer.
- Zejnelhoxha, S. (2023). *Formation of polycyclic aromatic hydrocarbons in cooked meat and the possibility of reducing their formation by vitamin E*.
- Zhang, D.-C., Liu, J.-J., Jia, L.-Z., Wang, P., & Han, X. (2019). Speciation of VOCs in the cooking fumes from five edible oils and their corresponding health risk assessments. *Atmospheric Environment*, 211, 6–17.
- Zhang, S., Jia, W., & Zhang, R. (2025). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Smoke Condensates: A Comprehensive Review of Formation Mechanisms, Migration Pathways to Food, and Risk Assessment. *Food Reviews International*, 1–20