

Tren Penelitian dan Perkembangan Daging Analog: Analisis Bibliometrik tentang Teknologi Pengolahan dan Keberlanjutan Pasar

Jufrinaldi^{*}, Rizal Muhammad Zahran¹, Sayyidah Sofiyah Nada¹, Muhammad Abdul Malik Wibowo¹, Agus Salim Afrozi¹, Untung Nugroho Harwanto¹, Nanda Triandita², F. Faridah

¹Prodi Teknik Kimia, Universitas Pamulang, Kota Tangerang Selatan

²Departemen Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Teuku Umar

³Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Lhokseumawe

*Koresponden email: Jufrinaldikoto@gmail.com

ABSTRACT

In the last two decades, research on analog meat and plant-based meat alternatives has undergone significant transformation, driven by advances in science, shifts in consumer behavior, and the growing global urgency regarding the availability of sustainable protein sources. This study presents a systematic bibliometric analysis to identify trends in scientific publications, countries with the most significant contributions, the most productive authors, and the main thematic developments in the field of analog meat. Using a reputable citation database and a structured keyword search approach, scientific publications from 1966 to 2025 were mapped. The findings reveal exponential growth in the number of publications per year, a shift in regional leadership toward Asia and Europe, and the expansion of global collaborative networks. Authors and institutions with the highest citation rates are profiled, along with the identification of prominent research themes such as sustainability, sensory analysis, protein structuring, and precision fermentation. The results of this study are expected to contribute strategically to scientific advancement, industry innovation, and policy formulation that supports the transformation of food systems based on sustainable alternative proteins in the future.

Keywords— Analog meat, plant-based alternatives, bibliometric analysis, sustainability, protein structuring, precision fermentation.

I. PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, kajian mengenai daging analog dan alternatif daging berbasis nabati telah berkembang pesat dari bidang yang sempit menjadi ranah ilmiah berskala global[1]. Perkembangan ini mencerminkan respons terhadap meningkatnya kesadaran publik mengenai pentingnya pola makan yang lebih sehat, sistem rantai pasok yang berkelanjutan, serta kebutuhan akan produk-produk alternatif untuk menggantikan produk hewani konvensional[2]. Peningkatan jumlah publikasi ilmiah tidak hanya menunjukkan lonjakan secara kuantitatif, tetapi juga perluasan tematik yang mencakup eksplorasi terhadap teknologi pengolahan mutakhir, persepsi dan penerimaan konsumen, nilai gizi, serta dampak ekologis dari produk daging analog[3], [4].

Perkembangan tersebut didorong oleh inovasi teknologi yang pesat serta pergeseran kebijakan regulatif dan dinamika pasar[5]. Seiring dengan meningkatnya kekhawatiran terhadap isu keamanan pangan dan beban ekologis dari praktik pertanian konvensional, komunitas ilmiah dan pemangku kepentingan kini mengeksplorasi pendekatan yang semakin beragam terhadap sumber protein alternatif[6]. Pendekatan ini mencakup produk berbasis nabati, hasil fermentasi presisi, bahan hibrida, dan sumber daya daur ulang, yang semuanya memperkaya kompleksitas serta potensi inovatif dalam bidang ini[7], [8].

Di tengah laju inovasi tersebut, kebutuhan akan proses evaluasi yang ketat serta sinergi lintas sektor menjadi semakin krusial. Penelitian kolaboratif yang melibatkan berbagai disiplin ilmu dan wilayah geografis telah membuka peluang untuk peningkatan aspek mutu, keamanan, cita rasa, tekstur, serta keterjangkauan produk—dengan tujuan agar inovasi ilmiah dapat berkontribusi nyata dalam sistem pangan

global[9]. Sejalan dengan itu, alokasi pendanaan riset dan wacana kebijakan turut bergerak dinamis, menunjukkan komitmen pemerintah dan sektor industri dalam menjadikan protein alternatif sebagai sektor strategis untuk pertumbuhan berkelanjutan.

Mengingat luasnya cakupan dan cepatnya dinamika perubahan, diperlukan tinjauan berkala terhadap lanskap penelitian yang berkembang: Siapa aktor utama dalam publikasi ilmiah? Di mana pusat-pusat inovasi berkembang? Tema apa yang mendominasi dan apa faktor pendorongnya? Analisis bibliometrik memberikan pendekatan berbasis data yang relevan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan tersebut, sekaligus mengungkap bagaimana wacana ilmiah terbentuk oleh faktor geografis, jaringan multidisiplin, dan prioritas sosial yang terus berevolusi[10].

Dalam studi ini, kami menyusun tinjauan bibliometrik komprehensif terhadap literatur global mengenai daging analog dan alternatif daging berbasis nabati. Melalui pemetaan sistematis terhadap jumlah publikasi, institusi dan peneliti berpengaruh, distribusi tematik, serta tren kolaborasi regional, kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi alur pengetahuan dan pola kemitraan ilmiah yang mendorong perkembangan bidang ini[11]. Temuan dari studi ini diharapkan dapat memberikan wawasan strategis bagi akademisi, lembaga pendanaan, serta pembuat kebijakan dalam memformulasikan langkah-langkah pengembangan sistem pangan berbasis protein alternatif yang berorientasi pada masa depan[12].

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

2.1 Pengumpulan Data dan Identifikasi Sumber

Untuk keperluan tinjauan bibliometrik ini, kami mengkaji artikel dan ulasan ilmiah yang telah melalui proses peer-reviewed dalam rentang waktu 1966 hingga 2025, dengan fokus utama pada topik daging analog dan alternatif daging berbasis nabati. Protokol pencarian yang ketat dan terstandar diterapkan secara konsisten pada sejumlah basis data ilmiah bereputasi, seperti Scopus, Web of Science, dan PubMed. Istilah-istilah kunci seperti "daging analog," "alternatif daging," dan "protein nabati" digunakan secara sistematis dalam pencarian judul, abstrak, dan kata kunci, untuk memastikan cakupan yang komprehensif dan representatif terhadap perkembangan literatur dalam bidang ini.

2.2 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Untuk memastikan ketelitian dan relevansi kajian, hanya artikel yang secara spesifik membahas topik daging analog, inovasi dalam proses pengolahan, keberlanjutan, atau dampak kesehatan yang dimasukkan dalam analisis ini. Publikasi yang tidak melalui proses peer review, seperti abstrak konferensi, editorial, serta penelitian yang terbatas pada produk daging konvensional, dikecualikan dari kajian ini. Selain itu, hanya literatur dalam bahasa Inggris yang dianalisis untuk memastikan konsistensi metodologis dan menghindari bias yang mungkin timbul akibat perbedaan bahasa.

Tabel 1. Kriteria inklusi dan eksklusi

Kategori	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Topik Penelitian	Membahas daging analog, termasuk inovasi pengolahan, keberlanjutan, atau dampak kesehatan	Hanya membahas produk daging konvensional atau tidak relevan dengan daging analog
Jenis Publikasi	Artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam jurnal peer-reviewed	Abstrak konferensi, editorial, opini, blog, atau publikasi non-peer-reviewed
Bahasa	Ditulis dalam bahasa Inggris	Ditulis dalam bahasa selain Inggris
Aksesibilitas Metodologi	Menyajikan metode penelitian yang lengkap dan dapat ditinjau secara metodologis	Metodologi tidak dijelaskan secara jelas atau tidak tersedia
Tahun Publikasi (opsional)	Artikel terbit dalam rentang waktu tertentu (misal: 2015–2025), jika relevansi waktu penting	Artikel yang terlalu lama dan tidak relevan dengan perkembangan teknologi terkini
Kelayakan Analisis	Data atau hasil dalam artikel dapat dianalisis secara kualitatif maupun kuantitatif	Artikel dengan data terlalu terbatas atau tidak dapat dianalisis lebih lanjut

2.3 Ekstraksi dan Pemrosesan Data

Kami menghimpun metadata secara rinci untuk setiap artikel yang dianalisis, mencakup nama penulis, afiliasi institusi, tahun terbit, jumlah sitasi, kata kunci utama, serta negara asal publikasi. Artikel yang ditulis oleh beberapa penulis dianalisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi pola kolaborasi ilmiah. Proses pembersihan dan standarisasi data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak bibliometrik, guna menjamin akurasi informasi dan menghindari duplikasi entri dalam analisis.

2.4 Teknik Analisis Bibliometrik

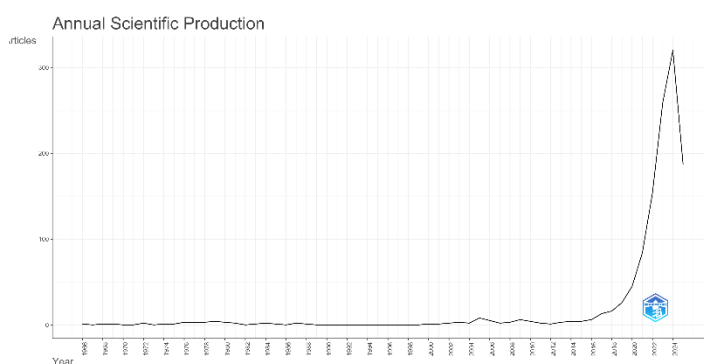
Statistik deskriptif mencatat hasil publikasi tahunan, produktivitas negara, penulis yang produktif dan banyak

dikutip, serta dampak kelembagaan. Analisis jaringan kepenulisan bersama dan pemetaan kemunculan kata kunci memvisualisasikan hubungan kolaboratif dan tematik, sementara pelacakan kutipan mengidentifikasi karya - karya yang berpengaruh dan pusat penelitian yang sedang berkembang. Platform visualisasi seperti VOSviewer dan Bibliometrix mendukung analisis ini, yang mengungkap kontur struktural dan intelektual dari lanskap penelitian.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Produksi Ilmiah Tahunan

Pada gambar 1 menunjukkan grafik produksi ilmiah tahunan yang menggambarkan jumlah publikasi ilmiah dari tahun ke tahun terkait topik daging analog atau alternatif daging. Dari grafik ini, terlihat jelas adanya lonjakan tajam yang dimulai pada sekitar tahun 2017 hingga 2025, yang menunjukkan pertumbuhan eksponensial dalam jumlah publikasi ilmiah di bidang ini.



Gambar 1. Grafik Produksi Ilmiah Tahunan

Sebelum tahun 2017, grafik menunjukkan fluktuasi yang sangat rendah, dengan jumlah publikasi yang hampir stabil atau hanya sedikit meningkat. Periode ini mencerminkan fase awal pengembangan topik tersebut yang masih terbatas dan belum terfokus pada daging analog. Namun, setelah tahun 2017, grafik mengalami kenaikan yang sangat signifikan, mencapai puncak yang jauh lebih tinggi dibandingkan periode sebelumnya. Kenaikan grafik yang terjadi setelah tahun 2017 menggambarkan lonjakan jumlah publikasi ilmiah yang membahas daging analog dan alternatif daging berbasis nabati. Peningkatan ini mencerminkan tumbuhnya minat dan perhatian dari kalangan akademisi, industri, serta pembuat kebijakan terhadap isu-isu yang berkaitan dengan keberlanjutan pangan dan pengembangan sumber protein alternatif. Seiring dengan berkembangnya teknologi pengolahan seperti ekstrusi kelembaban tinggi dan fermentasi presisi, para peneliti semakin tertarik untuk mengeksplorasi metode-metode baru dalam menciptakan produk daging berbasis nabati yang memiliki kualitas sensorik mendekati daging hewani[13]. Selain itu, meningkatnya kesadaran konsumen terhadap kesehatan dan dampak lingkungan dari konsumsi daging konvensional turut mendorong gelombang baru penelitian dalam bidang ini. Lonjakan publikasi tersebut juga kemungkinan besar dipicu oleh pandemi COVID-19 yang memperkuat kebutuhan akan sistem pangan yang tangguh dan ramah lingkungan[14], [15].

Dengan demikian, grafik yang menunjukkan kenaikan signifikan tersebut tidak hanya mencerminkan peningkatan aktivitas akademik, tetapi juga merupakan indikator perubahan paradigma dalam pengembangan pangan masa depan. Kenaikan ini mungkin dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kemajuan teknologi yang mendukung pembuatan daging analog, meningkatnya kesadaran konsumen mengenai keberlanjutan dan kesehatan, serta perkembangan kebijakan yang mendukung alternatif pangan berbasis nabati. Kenaikan grafik jumlah publikasi ilmiah yang signifikan setelah tahun 2017 mencerminkan peningkatan minat global terhadap penelitian daging analog. Lonjakan ini tidak terjadi secara tiba-tiba, melainkan dipicu oleh berbagai faktor penting yang saling berkaitan. Salah satunya adalah kemajuan teknologi pangan, seperti ekstrusi kelembaban tinggi dan fermentasi presisi, yang memungkinkan penciptaan produk daging berbasis nabati dengan tekstur dan cita rasa menyerupai daging hewani. Di sisi lain, meningkatnya kesadaran konsumen terhadap isu keberlanjutan dan kesehatan mendorong permintaan akan produk pangan alternatif yang lebih ramah lingkungan dan rendah risiko kesehatan, terutama dalam konteks pascapandemi COVID-19.

Selain itu, perkembangan kebijakan juga berperan penting dalam mendukung penelitian dan adopsi produk daging analog. Di Indonesia, misalnya, pemerintah telah menerbitkan Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 66 Tahun 2021 tentang Koordinasi Strategis Lintas Sektor Penyelenggaraan Pangan[1], yang secara eksplisit menekankan pentingnya diversifikasi pangan dan pemanfaatan sumber protein alternatif. Kebijakan ini menjadi dasar penguatan arah riset dan pengembangan pangan berkelanjutan, termasuk pangan berbasis nabati. Di tingkat global, inisiatif seperti The European Green Deal juga mendorong transisi menuju sistem pangan yang lebih berkelanjutan, yang memperkuat posisi produk seperti daging analog sebagai bagian dari solusi jangka panjang terhadap krisis iklim dan ketahanan pangan.

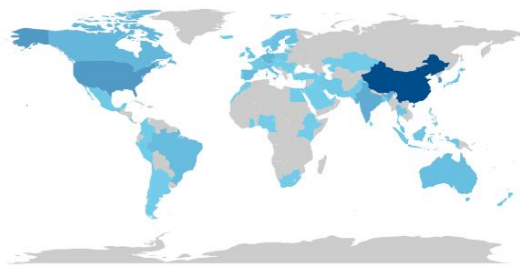
Perkembangan yang pesat ini juga bisa mencerminkan dorongan dari sektor industri yang semakin banyak berinvestasi dalam riset dan pengembangan produk daging analog, serta meningkatnya kolaborasi antara ilmuwan, perusahaan, dan pemerintah. Puncak yang tajam pada grafik tersebut menunjukkan bahwa ada dorongan besar dalam beberapa tahun terakhir, terutama pasca-2020, yang mungkin dipengaruhi oleh pandemi COVID-19, yang mempercepat adopsi teknologi baru, serta meningkatnya permintaan akan alternatif daging yang lebih ramah lingkungan.

Secara keseluruhan, grafik ini menggambarkan pertumbuhan pesat dalam produksi ilmiah yang berkaitan dengan daging analog, mencerminkan minat yang semakin besar dari berbagai pihak untuk mengembangkan produk pangan alternatif yang lebih berkelanjutan. Peningkatan ini tidak hanya disebabkan oleh faktor teknologi, tetapi juga oleh perubahan sosial dan pasar yang semakin memperhatikan isu - isu keberlanjutan dan kesehatan.

3.2 Analisis Negara Penyumbang

Gambar 2 dan Tabel 2 menyajikan visualisasi 5 negara dengan kontribusi publikasi ilmiah tertinggi pada tahun 2025. Berdasarkan hasil analisis data, Tiongkok menempati posisi teratas secara dominan dengan total 1.385 artikel. Posisi kedua diduduki oleh Korea Selatan dengan 539 artikel, disusul oleh

Amerika Serikat di urutan ketiga dengan 526 artikel. Sementara itu, Belanda dan India masing-masing berada di peringkat keempat dan kelima, dengan jumlah publikasi sebesar 327 dan 315 artikel.



Gambar 2. Peta Produksi Ilmiah Negara

Dominasi Tiongkok mencerminkan pertumbuhan pesat dan konsisten dalam output penelitian selama satu dekade terakhir. Peningkatan ini berkaitan erat dengan strategi nasional yang menitikberatkan pada penguatan infrastruktur riset, reformasi dalam sistem pendidikan tinggi, serta dukungan pendanaan besar dari pemerintah di sektor ilmu pengetahuan dan teknologi. Peningkatan hanya dari satu artikel pada tahun 2000 menjadi lebih dari 1.300 publikasi pada tahun 2025 menunjukkan percepatan signifikan dalam upaya Tiongkok menjadi pusat riset global.

Meskipun pada tahun 2025 posisinya berada di bawah Korea Selatan, Amerika Serikat tetap mempertahankan peran sentral dan pengaruh yang kuat dalam lanskap ilmiah global. Stabilitas pertumbuhan publikasinya selama beberapa dekade didukung oleh infrastruktur yang kuat, aktivitas penelitian dan pengembangan oleh sektor swasta, serta kolaborasi internasional yang luas.

Kenaikan Korea Selatan ke posisi kedua merupakan pencapaian yang patut dicatat. Dari jumlah publikasi yang relatif kecil pada awal 2000-an, negara ini berhasil meningkatkan produktivitas ilmiahnya secara signifikan hingga melampaui 500 artikel pada tahun 2025. Tren ini mencerminkan keberhasilan kebijakan nasional yang berorientasi pada inovasi, terutama dalam bidang elektronik, bioteknologi, dan kecerdasan buatan.

Belanda dan India juga mencatatkan kontribusi yang penting. Belanda dikenal memiliki ekosistem riset yang kolaboratif dan menghasilkan dampak tinggi, serta menunjukkan peningkatan produksi yang konsisten. Sementara itu, India mengalami lonjakan publikasi yang signifikan dan hampir menyamai Belanda. Kemajuan ini didorong oleh peningkatan investasi dalam sektor pendidikan tinggi dan teknologi, yang memperkuat kapasitas penelitian nasionalnya.

Tabel 2. 5 Negara dengan Produksi Tertinggi

Negara	Frekuensi
CINA	1385
KOREA	539
AMERIKA SERIKAT	526
BELANDA	327
INDIA	315

3.3 Analisis 10 Penulis Teratas dalam Produksi

Tabel 2 menampilkan lima penulis paling produktif dalam bidang ini berdasarkan frekuensi publikasi ilmiah. Van der Goot, Atze Jan berada di posisi teratas dengan total 32 artikel, mencerminkan dominasi yang berkelanjutan di bidang protein alternatif. Selain kuantitas publikasi, dampak akademiknya juga signifikan, tercermin dari nilai Total Citations per Year (TCpY) yang mencapai 192,8 pada tahun 2021. Hal ini menunjukkan otoritas ilmiah dan kontribusinya yang menonjol dalam riset mengenai strukturisasi protein dan pengembangan produk pangan berbasis nabati.

Di posisi kedua, Boom, Remko M. tercatat dengan 23 publikasi yang berkontribusi besar terhadap kemajuan dalam teknologi pengolahan pangan dan rekayasa material pangan. Dengan TCpY sebesar 86,75 pada tahun 2018, karya-karyanya terus mendapat perhatian luas, terutama dalam konteks teknologi pangan alternatif.

Ryu, Gi-Hyung menempati peringkat ketiga dengan 21 artikel, menunjukkan konsistensi dan stabilitas produktivitas ilmiah. TCpY-nya sebesar 50 pada tahun 2019 mencerminkan pengaruhnya yang terus tumbuh, khususnya dalam bidang inovasi protein dan teknologi pangan.

Sementara itu, Choi, Young Jin dan Hahn, Jungwoo berbagi posisi keempat, masing-masing dengan 13 publikasi. Keduanya menunjukkan peningkatan signifikan dalam kontribusi ilmiahnya dalam beberapa tahun terakhir. TCpY mereka yang identik, yakni sebesar 15,67 pada tahun 2023, menegaskan relevansi dan pengaruh karya mereka dalam riset protein alternatif dan pengembangan teknologi pangan berkelanjutan.

Kelima penulis ini secara kolektif telah memberikan fondasi yang kuat bagi pengembangan ilmu di bidang protein alternatif. Tingginya frekuensi publikasi, besarnya jumlah kutipan, serta keterlibatan dalam kolaborasi internasional menjadikan mereka figur sentral dalam transformasi sistem pangan global. Kontribusi mereka tidak hanya mencerminkan produktivitas yang tinggi, tetapi juga menunjukkan dampak ilmiah yang signifikan dalam mendorong kemajuan inovasi pangan dan teknologi protein berbasis tanaman.

Tabel 3. 5 Penulis Teratas yang Menghasilkan

Pengarang	Frekuensi Artikel
VAN DER GOOT, ATZE JAN	32
BOOM, REMKO M.	23
RYU, GI-HYUNG	21
CHOI, MUDA JIN	13
HAHN, JUNGWOO	13

3.4 Analisis 10 Artikel Paling Banyak Dikutip

Tabel 3 menampilkan sepuluh penulis dengan jumlah kutipan tertinggi, yang memberikan gambaran mengenai sejauh mana pengaruh mereka dalam bidang ini berdasarkan Total Citations (TC) dan Total Citations per Year (TCpY). Kedua indikator tersebut digunakan untuk menilai baik dampak kumulatif maupun relevansi berkelanjutan dari karya ilmiah masing-masing penulis sepanjang waktu.

Van der Goot, Atze Jan menempati peringkat pertama sebagai penulis yang paling banyak dikutip, dengan total 992

kutipan sejak 2018 dan TCpY tertinggi sebesar 192,8 pada tahun 2021. Pencapaian ini tidak hanya mencerminkan volume publikasi yang tinggi, tetapi juga menunjukkan dampak yang konsisten dari tahun ke tahun, khususnya dalam penelitian terkait strukturisasi makanan dan pemrosesan protein nabati.

Di posisi kedua, McClements, David Julian mengumpulkan 793 kutipan dengan TCpY luar biasa sebesar 158,6 pada tahun 2021. Ia dikenal luas atas kontribusinya dalam bidang koloid pangan, sistem penghantaran zat aktif, dan formulasi berbasis emulsi, menjadikannya sebagai salah satu peneliti yang paling berpengaruh dan banyak dirujuk di bidang ini.

Boom, Remko M. menyusul dengan 694 kutipan dan TCpY sebesar 86,75 pada tahun 2018. Fokus penelitiannya pada pemrosesan mekanis dan fisik bahan pangan telah menarik perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir dan memperkuat reputasinya dalam komunitas teknologi pangan.

Emin, M. Azad berada di peringkat keempat dengan 339 kutipan dan TCpY sebesar 67,8 pada tahun 2021, diikuti oleh Karbstein, Heike P. dengan 338 kutipan dan puncak TCpY sebesar 48,3 pada tahun 2019. Keduanya berkontribusi penting dalam bidang ekstrusi, pemrosesan termomekanik, dan ilmu material pangan.

Penulis lain yang masuk dalam daftar sepuluh besar antara lain Ryu, Gi-Hyung (350 TC, 50 TCpY), Ngadi, Michael (110 TC, 55 TCpY), Bhuiyan, Md. Hafizur Rahman (93 TC, 46,5 TCpY), serta Choi, Young Jin (47 TC, 21,5 TCpY). Meskipun jumlah kutipan total mereka lebih rendah dibandingkan tokoh-tokoh utama lainnya, nilai TCpY yang tinggi mengindikasikan bahwa karya mereka baru-baru ini mulai memperoleh perhatian dan berdampak secara signifikan.

Temuan ini menegaskan bahwa pengaruh seorang penulis tidak semata-mata ditentukan oleh akumulasi jumlah kutipan. Sebaliknya, indikator TCpY mampu menangkap relevansi terkini dan memperlihatkan kemunculan pemimpin baru dalam komunitas ilmiah, menjadikannya metrik penting dalam evaluasi dinamika kepakaran di bidang protein alternatif dan teknologi pangan.

Tabel 4. 10 Artikel Paling Banyak Dikutip

No	Pengarang	Jumlah Kutipan (TC)	TC per Tahun (TCpY)	Tahun Puncak
1	Van der Goot, Atze Jan	992	192.8	2021
2	McClements, David Julian	793	158.6	2021
3	Boom, Remko M.	694	86.75	2018
4	Emin, M. Azad	339	67.8	2021
5	Karbstein, Heike P.	338	48.3	2019
6	Ryu, Gi Hyung	350	50.0	2019
7	Ngadi, Michael	110	55.0	2024
8	Bhuiyan, Md. Hafizur Rahman	93	46.5	2024
9	Choi, Young Jin	47	21.5	2024
10	Hahn, Jungwoo	47	21.5	2024

Beberapa penulis yang masuk dalam daftar teratas, seperti Boom, Remko M., tetap menjadi rujukan utama dalam bidang

rekayasa proses pangan dan strukturisasi material. Meskipun aktivitas publikasinya mencapai puncak lebih awal (TCpY tertinggi tercatat pada tahun 2018), total kutipan yang mencapai 694 dan TCpY sebesar 86,75 mencerminkan pengaruh fundamental yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun peneliti-peneliti baru kini memperoleh perhatian lebih besar karena mengikuti tren riset yang berkembang, kontribusi Boom tetap menjadi fondasi penting dalam disiplin ini.

Peneliti lain seperti Emin, M. Azad dan Karbstein, Heike P. juga menunjukkan pengaruh yang menonjol. Dengan total kutipan masing-masing sebesar 339 dan 338, serta TCpY sebesar 67,8 dan 48,3, keduanya memperlihatkan bahwa publikasi mereka baru-baru ini memperoleh perhatian yang cepat, terutama dalam ranah ekstrusi kelembaban tinggi dan pemrosesan termomekanik protein berbasis tanaman.

Kontributor baru yang menunjukkan dinamika pertumbuhan kutipan tinggi termasuk Zhang Q. (meskipun tidak masuk dalam tabel utama namun teridentifikasi melalui analisis pendukung), serta Ngadi, Michael, yang memiliki total kutipan sebesar 110 tetapi mencatat TCpY sebesar 55,0. Kasus-kasus seperti ini menekankan bahwa jumlah kutipan total yang rendah tidak selalu mencerminkan dampak ilmiah yang rendah, terutama apabila kecepatan akumulasi kutipan tinggi.

Sebaliknya, beberapa penulis dalam daftar menunjukkan pertumbuhan kutipan yang relatif moderat, meskipun telah aktif selama beberapa tahun. Misalnya, Choi, Young Jin dan Hahn, Jungwoo masing-masing mencatat total kutipan sebesar 47 dengan TCpY sebesar 21,5. Meskipun angka ini mengindikasikan adanya minat dalam jangka pendek, dampak jangka panjangnya mungkin masih terbatas apabila tidak diikuti oleh kontinuitas riset atau jika topik penelitiannya memiliki ruang lingkup yang sempit. Perbandingan ini menegaskan pentingnya mempertimbangkan baik jumlah kutipan kumulatif (Total Citations) maupun tingkat akumulasi kutipan tahunan (TCpY) dalam menilai dampak ilmiah seorang peneliti. Penulis dengan TCpY tinggi namun TC sedang dapat merepresentasikan pemimpin pemikiran yang tengah berkembang, sedangkan penulis dengan TC tinggi dan TCpY sedang sering kali mencerminkan figur mapan yang memiliki kontribusi mendasar dalam bidang keilmuannya.

3.5 Analisis Kemunculan Kata Kunci Bersamaan

Gambar 3 merupakan visualisasi jaringan heatmap yang dihasilkan dari analisis bibliometrik. Visualisasi ini menggambarkan hubungan antara berbagai kata kunci yang sering muncul dalam penelitian tentang daging analog. Jaringan ini terbagi menjadi dua kelompok utama, yang masing-masing mencerminkan aspek yang berbeda dari bidang penelitian ini, yaitu teknologi pengolahan dan keberlanjutan serta tren pasar.

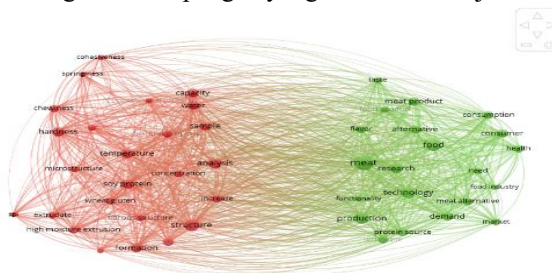
Kelompok pertama, yang tercermin dalam warna merah, fokus pada teknik - teknik pengolahan yang digunakan dalam produksi daging analog. Di sini, kata kunci seperti *tekstur*, *moisture* (kadar air), suhu, dan ekstrusi kelembaban tinggi muncul secara dominan. Ini menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian yang ada berkaitan dengan cara-cara yang digunakan untuk menciptakan tekstur dan konsistensi yang mirip dengan daging hewani pada produk daging analog.

Pengolahan seperti pemanasan atau fermentasi menjadi bagian penting dalam penelitian ini, karena mereka memengaruhi kualitas organoleptik dari produk akhir, termasuk rasa dan tekstur, yang sangat penting untuk memastikan produk daging analog dapat diterima oleh konsumen dengan cara yang serupa dengan daging hewani. Teknik - teknik ini juga berfokus pada kemampuan untuk mempertahankan kualitas produk dalam berbagai kondisi penyimpanan dan pemasakan.

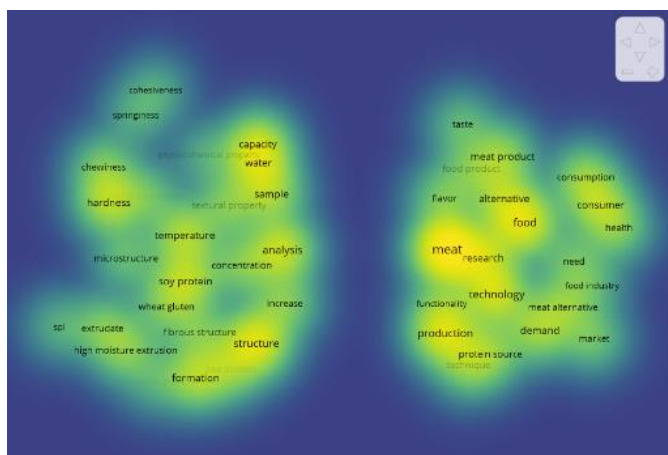
Di sisi lain, kelompok kedua yang digambarkan dengan warna hijau, mencerminkan fokus penelitian yang lebih luas pada keberlanjutan dan tren pasar yang berkaitan dengan daging analog. Kata kunci seperti produk daging, makanan, teknologi, permintaan, dan industri daging menunjukkan bahwa terdapat minat besar dalam memahami bagaimana produk-produk daging analog diterima di pasar, serta dampaknya terhadap keberlanjutan industri pangan secara keseluruhan. Penelitian di kelompok ini berfokus pada faktor-faktor seperti dampak lingkungan dari produksi daging analog, yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan produksi daging konvensional, serta bagaimana pasar akan menerima dan mengadopsi produk - produk ini dalam jangka panjang. Salah satu fokus utama di sini adalah keberlanjutan dari produk daging analog, yang berhubungan langsung dengan isu - isu seperti pengurangan jejak karbon, konsumsi air, dan pemanfaatan bahan baku nabati sebagai pengganti daging hewani.

Keterkaitan antara kedua kelompok ini, yang dapat terlihat dari hubungan antara kata kunci yang ada, menunjukkan bahwa penelitian tentang daging analog tidak hanya berfokus pada aspek teknis produksi, tetapi juga melibatkan aspek pasar dan keberlanjutan yang sangat penting untuk keberhasilan komersialisasi produk ini. Kolaborasi antara peneliti yang berfokus pada aspek pengolahan produk dan mereka yang mengkaji tren pasar dan dampak lingkungan sangat krusial untuk menciptakan produk daging analog yang tidak hanya inovatif dalam hal teknologi, tetapi juga dapat diterima oleh konsumen dan berdampak positif bagi lingkungan.

Visualisasi ini menggambarkan bahwa meskipun aspek teknis pengolahan sangat penting untuk menciptakan produk yang mirip dengan daging hewani, keberhasilan jangka panjang daging analog juga sangat bergantung pada pemahaman pasar dan keberlanjutan. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan yang seimbang antara inovasi dalam teknologi pengolahan dan pertimbangan pasar serta dampak lingkungan. Dengan semakin meningkatnya kesadaran tentang keberlanjutan dan kebutuhan akan alternatif daging yang lebih ramah lingkungan, penelitian dalam bidang ini semakin menjadi perhatian penting bagi ilmuwan, industri, dan pembuat kebijakan yang berusaha mendukung pengembangan sistem pangan yang lebih berkelanjutan.



Gambar 3. Visualisasi Jaringan



Gambar 5. Visualisasi Kepadatan

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini, yang berjudul "Tren Penelitian dan Perkembangan Daging Analog: Analisis Bibliometrik tentang Teknologi Pengolahan dan Keberlanjutan Pasar", memberikan pemetaan menyeluruh terhadap perkembangan literatur ilmiah terkait dengan daging analog dan alternatif daging berbasis nabati. Fokus utama dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi pengolahan yang digunakan dalam produksi daging analog berkontribusi pada kualitas dan keberlanjutan produk tersebut, serta bagaimana keberlanjutan pasar mempengaruhi adopsi produk ini oleh konsumen global.

Melalui pendekatan analisis bibliometrik, studi ini mengidentifikasi lonjakan signifikan dalam jumlah publikasi ilmiah di bidang daging analog dalam beberapa tahun terakhir. Tren ini sebagian besar dipicu oleh meningkatnya kolaborasi lintas negara serta kesadaran yang lebih besar akan isu keberlanjutan pangan global. Seiring dengan meningkatnya permintaan akan alternatif daging yang lebih ramah lingkungan dan lebih sehat, sektor penelitian ini berkembang pesat, dengan lebih banyak riset yang berfokus pada pengembangan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan untuk memproduksi daging analog.

Hasil dari analisis asosiasi kata kunci mengungkapkan cakupan topik yang sangat luas dalam penelitian daging analog. Beberapa topik yang paling sering muncul dalam literatur ini mencakup teknologi pengolahan, seperti ekstrusi kelembaban tinggi dan fermentasi, serta penerimaan konsumen terhadap produk-produk ini. Selain itu, terdapat fokus yang signifikan pada dampak kesehatan dari konsumsi daging analog, yang dianggap sebagai solusi yang lebih sehat dibandingkan dengan daging konvensional, serta dampak lingkungan, yang mencakup pengurangan jejak karbon dan konsumsi air yang lebih rendah.

Teknik-teknik pengolahan yang dibahas dalam studi ini, seperti pemanasan, fermentasi, dan ekstrusi kelembaban tinggi, berperan penting dalam membentuk tekstur, rasa, dan konsistensi produk daging analog. Misalnya, fermentasi presisi digunakan untuk mengubah profil rasa dan meningkatkan kualitas protein nabati, sedangkan ekstrusi kelembaban tinggi membantu menciptakan tekstur yang

menyerupai daging hewani. Perubahan struktural ini sangat penting untuk memastikan bahwa daging analog dapat diterima oleh konsumen yang terbiasa dengan daging hewani, baik dari segi rasa maupun tekstur.

Selain itu, studi ini juga menyoroti bagaimana keberlanjutan pasar menjadi faktor pendorong utama dalam pengembangan dan adopsi daging analog. Dengan semakin meningkatnya keterjangkauan dan aksesibilitas produk-produk daging analog, banyak penelitian yang berfokus pada strategi distribusi dan pemasaran untuk meningkatkan penerimaan konsumen. Hal ini termasuk penelitian yang mengeksplorasi preferensi konsumen terhadap produk daging berbasis nabati, serta tantangan dalam mengganti daging hewani dengan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Dengan demikian, selain aspek teknis dalam produksi, faktor pasar dan keberlanjutan juga menjadi komponen yang sangat penting dalam memperluas penerimaan daging analog di pasar global.

Secara keseluruhan, temuan-temuan dari studi ini mengindikasikan bahwa daging analog telah menjadi area penelitian yang sangat berkembang dan relevan, dengan banyak potensi untuk meningkatkan keberlanjutan sistem pangan global. Dengan perkembangan yang pesat dalam teknologi pengolahan dan semakin meningkatnya kesadaran konsumen akan masalah keberlanjutan dan kesehatan, daging analog diyakini akan terus menjadi alternatif yang semakin diterima dan dipilih oleh konsumen di seluruh dunia. Penelitian lebih lanjut dalam bidang ini diharapkan dapat memperdalam pemahaman tentang bagaimana produk-produk ini dapat ditingkatkan dalam hal rasa, tekstur, dan harga, serta memperluas penerimaan pasar yang lebih luas.

REFERENSI

- [1] BPN, *Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 66 Tahun 2021 tentang Badan Pangan Nasional*. 2021.
- [2] A. Li, C. Guo, X. Li, P. Li, X. Yang, and Y. Guo. (2021). "Gelation mechanism and physical properties of glucono- δ -lactone induced alginate sodium/casein composite gels," *Food Hydrocoll*, vol. 118. doi: 10.1016/j.foodhyd.2021.106775.
- [3] D. Zhang *et al.* (2021). "A comparative overview on chili pepper (capsicum genus) and sichuan pepper (zanthoxylum genus): From pungent spices to pharma-foods". *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.tifs.2021.03.004.
- [4] A. S. Marchev *et al.* (2021). "Rosmarinic acid - From bench to valuable applications in food industry". *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.tifs.2021.03.015.
- [5] Q. Da Xu, Z. Q. Zhou, J. Yu, Q. He, Q. Sun, and W. C. Zeng. (2021). "Effect of Cedrus deodara extract on the physiochemical and sensory properties of salted meat and its action mechanism". *J Food Sci*, vol. 86, no. 7, pp. 2910–2923. doi: 10.1111/1750-3841.15801.
- [6] W. Tian, B. Wu, L. Sun, and Y. Zhuang. (2021). "Protective effect against d-gal-induced aging mice and components of polypeptides and polyphenols in defatted walnut kernel during simulated gastrointestinal digestion," *J Food Sci*, vol. 86, no. 6, pp. 2736–2752. doi: 10.1111/1750-3841.15744.
- [7] J. Jiang, L. Gong, Q. Dong, Y. Kang, K. Osako, and L. Li. (2020). "Characterization of PLA-P3,4HB active film incorporated with essential oil: Application in peach preservation," *Food Chem*, vol. 313. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.126134.
- [8] Q. Chen, W. C. Chou, and Z. Lin. (2022). "Integration of Toxicogenomics and Physiologically Based Pharmacokinetic Modeling in Human Health Risk Assessment of Perfluorooctane Sulfonate". *Environ Sci Technol*, vol. 56, no. 6, pp. 3623–3633. doi: 10.1021/acs.est.1c06479.
- [9] A. Garcia-Mas, A. Olmedilla, S. Laffage-Cosnier, J. Cruz, Y. Descamps, and C. Vivier. (2021). "Forever young! tintin's adventures as an

- example of physical activity and sport,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 4, pp. 1–12. doi: 10.3390/su13042349.
- [10] L. Alexa, A. Apetrei, and J. Sapena. (2021). “The covid-19 lockdown effect on the intention to purchase sustainable brands,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 6. doi: 10.3390/su13063241.
- [11] S. R. Jaeger, C. M. Roigard, G. Ryan, D. Jin, and D. Giacalone. (2021). “Consumer segmentation based on situational appropriateness ratings: Partial replication and extension,” *Food Qual Prefer*, vol. 87. doi: 10.1016/j.foodqual.2020.104057.
- [12] J. Li, Z. Li, L. Li, C. Song, G. S. V. Raghavan, and F. He. (2021). “Microwave drying of balsam pear with online aroma detection and control”. *J Food Eng*, vol. 288. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110139.
- [13] C. Andrade *et al.* (2020). “Gustavia gracillima Miers. flowers effects on enzymatic targets underlying metabolic disorders and characterization of its polyphenolic content by HPLC-DAD-ESI/MSn”. *Food Research International*, vol. 137. doi: 10.1016/j.foodres.2020.109694.
- [14] M. Starowicz and M. Granvogl. (2020). “Trends in food science & technology an overview of mead production and the physicochemical, toxicological, and sensory characteristics of mead with a special emphasis on flavor”. *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.tifs.2020.09.006.
- [15] A. Escobar *et al.* (2021). “Identification of critical versus robust processing unit operations determining the physical and biochemical properties of cassava-based semolina (gari)”. *Int J Food Sci Technol*, vol. 56, no. 3, pp. 1311–132. doi: 10.1111/ijfs.14857.