

KETERKAITAN ANTARA PATI, PROTEIN, DAN KEAMANAN PANGAN DALAM KONTEKS KETAHANAN PANGAN GLOBAL BERDASARKAN ANALISIS BIBLIOMETRIK

JUFRINALDI^{1*}, LIA WILDATUS SHOLIHAH¹, SALWA NINGTYAS¹, TUTI ROSTIANTI MAULANI²

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

²Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi & Informatika, Universitas Mathla'ul Anwar

*Corresponding author: jufrinaldikoto@gmail.com

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk memetakan lanskap penelitian global mengenai keterkaitan antara ketahanan pangan, pati, efek, kualitas, protein, dan keamanan pangan melalui pendekatan analisis bibliometrik kuantitatif berbasis data Scopus dan dianalisis menggunakan Bibliometrix (R-Studio) serta VOSviewer guna mengidentifikasi evolusi tematik, tren publikasi, dan jaringan kolaborasi ilmiah. Hasil menunjukkan peningkatan publikasi yang signifikan sejak tahun 2018 hingga 2025, dengan pergeseran fokus penelitian dari kajian deskriptif menuju pendekatan integratif yang menghubungkan aspek kimia pangan, bioteknologi, dan keamanan pangan berkelanjutan. Pati dan protein teridentifikasi sebagai simpul riset utama, sementara munculnya tema seperti teknologi, *challenge*, dan *food industry* menunjukkan pergeseran menuju riset aplikatif yang mengedepankan inovasi teknologi pangan modern. Hasil ini menegaskan bahwa interaksi antara komponen biopolimer, kualitas, dan keamanan pangan memiliki peranan penting dalam memperkuat ketahanan pangan global, memberikan dasar strategis untuk pengembangan sistem pangan dengan keamanan yang terjamin, nilai gizi yang memadai, serta pengelolaan dan produksi yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Ketahanan Pangan, Pati, Protein, Kualitas, Efek, Keamanan Pangan, Analisis Bibliometri

A. Pendahuluan

Ketahanan pangan (*food security*) adalah salah satu persoalan kritis pada pembangunan berkelanjutan global, karena menyangkut aspek ekonomi, sosial, gizi, dan lingkungan secara simultan (Godfray et al., 2019). Menurut definisi FAO, ketahanan pangan tidak semata-mata berkaitan dengan ketersediaan pangan, melainkan juga meliputi aspek aksesibilitas, pemanfaatan yang optimal, serta kestabilan pasokan secara berkelanjutan dari waktu ke waktu (FAO, 2023). Dalam konteks modern, orientasi penelitian dan kebijakan pangan telah bergeser dari paradigma kuantitas menuju paradigma kualitas dan keamanan, di mana aspek komposisi gizi, terutama protein dan pati, serta dampak aspek pengolahan yang memengaruhi mutu gizi dan keamanan pangan menjadi perhatian utama dalam upaya membangun sistem pangan yang berkelanjutan (Ayofemi Olalekan Adeyeye et al., n.d.; Knorr & Augustin, 2023).

Pati merupakan karbohidrat utama dalam rantai pangan yang berperan penting sebagai sumber energi, bahan baku industri, serta agen fungsional dalam formulasi berbagai produk pangan (J. Zhu et al., 2023). Sebaliknya, protein memainkan peranan penting dalam menjamin nilai gizi dan fungsi biologis pangan, terutama dalam konteks pertumbuhan penduduk dan meningkatnya permintaan protein nabati (Langyan et al., 2022). Hubungan antara kedua komponen tersebut menjadi hal yang menarik karena interaksi fisikokimianya dapat berpengaruh langsung terhadap kualitas sensori, kekenyalan, tekstur, serta kestabilan produk pangan olahan (Yiasmin et al., 2024). Selain itu, proses pengolahan seperti gelatinisasi, denaturasi, atau reaksi Maillard dapat memodifikasi struktur molekuler pati dan protein, sehingga menghasilkan effect yang kompleks terhadap sifat fungsional, bioavailabilitas, dan keamanan produk (Huang et al., 2021; Qiu et al., 2024).

Meskipun demikian, tantangan utama dalam penelitian pangan modern bukan hanya memahami karakteristik individual dari komponen tersebut, melainkan juga bagaimana perubahan teknologi, kondisi penyimpanan, dan interaksi biologis memengaruhi stabilitas kualitas dan keamanan pangan secara keseluruhan (Lund & Ray, 2017; Teodorowicz et al.,

2017). Misalnya, kontaminasi biologis dan kimia selama proses produksi dan penyimpanan yang dapat menurunkan mutu serta menimbulkan risiko kesehatan yang signifikan (Zahir et al., 2025). Berbagai studi telah melaporkan bahwa kondisi penyimpanan dengan kelembapan relatif tinggi (>65%) dan suhu antara 25-35°C dapat meningkatkan risiko degradasi protein dan retrogradasi pati yang berdampak pada penurunan kualitas serta munculnya potensi kontaminan berbahaya seperti mikotoksin (Cruz, 2025; Du et al., 2022).

Dalam konteks global, isu *food safety* juga telah berkembang menjadi domain penelitian yang sangat luas dengan mencakup topik mulai dari toksikologi pangan, keamanan mikrobiologis, rantai pasok, hingga deteksi biomolekuler kontaminan pangan (Mashauri et al., 2025). Salah satu fokus penelitian terkini ialah bagaimana faktor *effect* dari teknologi pemrosesan seperti fermentasi, ekstrusi, atau pemanasan termal dapat meningkatkan keamanan pangan tanpa mengurangi nilai gizi dan fungsionalitas produk (Rajendra et al., 2023). Dengan demikian, penelitian yang menghubungkan *food security*, *quality*, protein, *starch*, dan *safety* menjadi semakin relevan untuk memahami sistem pangan secara menyeluruh dari hulu ke hilir.

Seiring meningkatnya jumlah publikasi ilmiah dalam bidang ini, analisis bibliometrik muncul sebagai pendekatan strategis untuk meninjau, mengukur, dan memetakan lanskap pengetahuan ilmiah yang berkembang pesat (Liu et al., 2023). Analisis bibliometrik tidak hanya mengidentifikasi tren publikasi dan kolaborasi antar peneliti, tetapi juga mengungkap kelompok topik, jaringan sitasi, serta area penelitian yang masih terbuka (Šubelj et al., 2016). Dalam penelitian pangan, metode ini telah digunakan untuk mengevaluasi perkembangan riset terkait keamanan pangan global, inovasi protein nabati, serta aplikasi pati fungsional dalam pangan berkelanjutan (B. Zhu et al., 2024). Namun, belum banyak studi bibliometrik yang secara eksplisit menggabungkan enam konsep utama: *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, protein, dan *safety* dalam satu kerangka analisis komprehensif yang menggambarkan keterhubungan dan arah evolusi riset lintas disiplin.

Oleh sebab itu, artikel ini disusun untuk mengkaji serta memetakan secara bibliometrik penelitian global yang menitikberatkan pada hubungan antara *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, protein, dan *safety*. Melalui analisis kuantitatif berbasis data dari basis data ilmiah utama seperti Scopus, penelitian ini mengeksplorasi tren publikasi, jaringan kolaborasi penulis dan institusi, dan kata kunci dominan yang mencerminkan dinamika perkembangan ilmu pengetahuan di bidang pangan. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan wawasan strategis mengenai evolusi penelitian global, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan (*research gap*), serta mengidentifikasi arah riset dan kebijakan yang dapat memperkuat ketahanan pangan berkelanjutan berbasis kualitas, gizi, dan keamanan pangan.

B. Bahan dan Metode

1. Pengumpulan Data

Pengambilan data dalam penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2025. Data dikumpulkan dari metadata Scopus menggunakan kata kunci: *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, protein, dan *safety*. Scopus adalah basis data komprehensif untuk artikel akademis, menjadikannya sumber yang sangat baik untuk penelitian tentang beragam subjek. Scopus menonjol dari basis data lain dengan cakupan multidisiplin yang luas dan informasi kutipan yang komprehensif, menjadikannya sumber yang sangat berharga untuk penelitian interdisipliner (Gusenbauer, 2024).

2. Pemilihan Studi Berbasis Data

Basis data yang digunakan dalam study ini berupa artikel, makalah konferensi, dan tinjauan, sedangkan buku, bab buku, tajuk rencana, survei singkat, dan makalah data tidak disertakan.

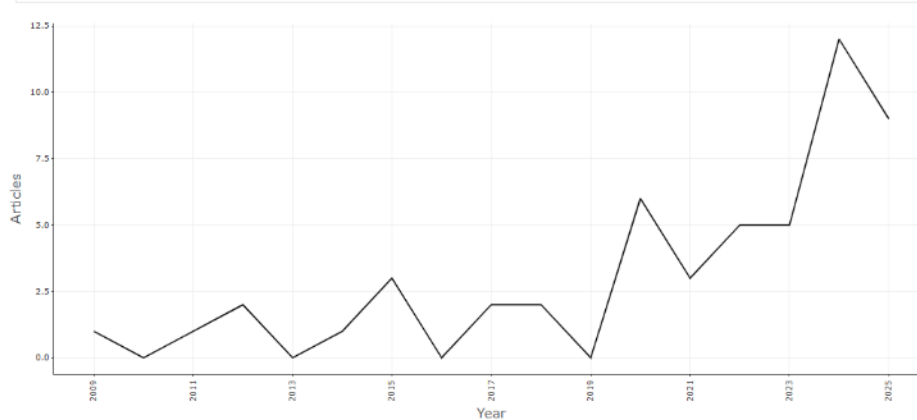
3. Analisis Data

Microsoft Excel digunakan untuk menganalisis tren publikasi tahunan, sementara analisis dan visualisasi data bibliometrik dilakukan menggunakan perangkat lunak R studio (versi 4.4.1) dengan paket bibliometrix (versi 4.1) dan VOSviewer (versi 1.6.20). Alat-alat ini dipilih untuk menjamin proses ekstraksi dan analisis data yang akurat dan andal (Aria &

Cuccurullo, 2017). VOSviewer memvisualisasikan kemunculan kata kunci bibliometrik untuk menunjukkan kata kunci penulis yang sering digunakan dalam penelitian dan untuk membantu analisis tren penelitian dan topik-topik penting (Li & Song, 2022).

C. Pembahasan

1. Tinjauan literatur penelitian



Gambar 1. Publikasi Ilmiah dari Tahun ke Tahun

Gambar 1 merupakan grafik yang dihasilkan melalui analisis bibliometrik Biblioshiny menunjukkan tren peningkatan yang fluktuatif namun secara umum memperlihatkan arah pertumbuhan positif sepanjang periode 2008 hingga 2025. Pada fase awal (2008-2014), jumlah publikasi masih terbatas dan penyebarannya tidak merata, mencerminkan bahwa permasalahan antara ketahanan pangan, kualitas, dan keamanan pangan berbasis komponen biopolimer seperti pati dan protein belum menjadi fokus utama riset global. Minimnya perhatian pada periode tersebut dapat dihubungkan dengan keterbatasan akses terhadap teknologi karakterisasi pangan dan rendahnya kesadaran akan hubungan antara mutu biokimia pangan dan ketahanan pangan berkelanjutan.

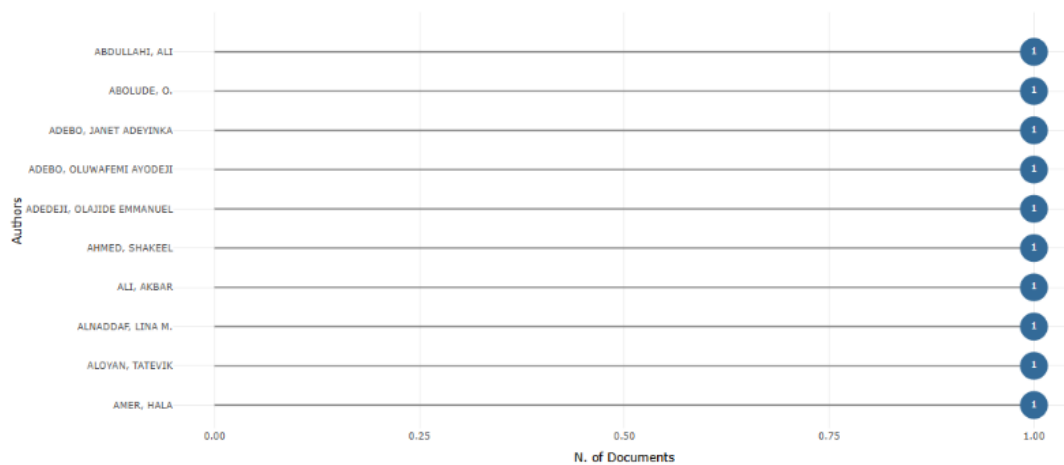
Peningkatan produktivitas ilmiah mulai teridentifikasi secara signifikan setelah tahun 2018, yang menandakan terjadinya pergeseran paradigma menuju pendekatan penelitian yang lebih intens. Tren ini menunjukkan bahwa isu pangan tidak lagi dipandang secara sektoral, melainkan sebagai sistem kompleks yang melibatkan keterkaitan antara kimia pangan, bioteknologi, nutrisi, dan pengolahan pangan ramah lingkungan. Lonjakan publikasi tersebut juga sejalan dengan meningkatnya perhatian global terhadap dampak perubahan iklim, keamanan rantai pasok pangan, serta tuntutan inovasi teknologi pengolahan yang mampu mempertahankan nilai gizi dan mutu bahan pangan berbasis sumber daya lokal.

Peningkatan tajam yang terdapat pada periode 2021-2024 menunjukkan bahwa topik tersebut mulai memperoleh perhatian luas dari komunitas akademik internasional, seiring dengan meningkatnya urgensi terhadap sistem pangan berkelanjutan dan kebutuhan akan inovasi teknologi berbasis bahan alami untuk menjamin keamanan dan nilai gizi pangan. Dinamika ini juga mencerminkan bahwa dimensi penelitian telah berkembang dari sekadar kajian deskriptif menuju analisis terintegrasi yang menyoroti efek fungsional komponen pangan terhadap kualitas dan keamanan konsumsi. Meskipun demikian, fluktuasi jumlah publikasi pada beberapa tahun sebelumnya menandakan bahwa riset di bidang ini masih bersifat terpisah-pisah dan dipengaruhi oleh tren tematik jangka pendek yang dipicu oleh isu global tertentu seperti krisis pangan dan pandemi.

Secara keseluruhan, pola kenaikan publikasi pada tahun-tahun terakhir menandakan bahwa kajian mengenai hubungan antara *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, protein, dan *safety* telah berkembang menjadi topik penelitian yang strategis dan multidimensional. Perkembangan ini memperlihatkan adanya konsolidasi pengetahuan ilmiah yang mengarah pada penguatan interkoneksi antara aspek gizi, mutu, dan keamanan pangan sebagai fondasi utama bagi pengembangan sistem pangan yang berkelanjutan. Dengan demikian, peningkatan

produktivitas ilmiah yang diamati dalam periode terbaru dapat diinterpretasikan sebagai refleksi dari transformasi paradigma riset pangan menuju orientasi yang lebih terintegrasi, adaptif terhadap tantangan global, serta berfokus pada keberlanjutan dan ketahanan pangan jangka panjang.

2. Sebagian Besar Penulis, Dokumen yang Dikutip, Bidang Penelitian dan Afiliasi

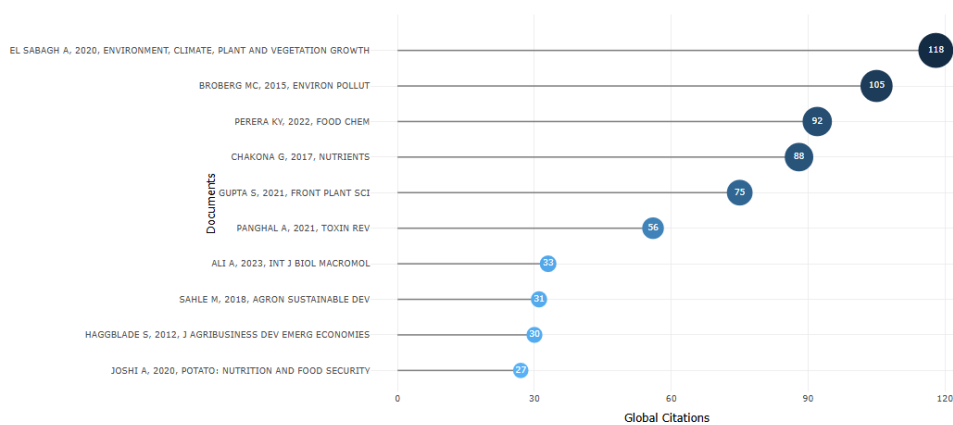


Gambar 2. Penulis Paling Relevan

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa kontribusi penelitian yang berfokus pada tema *food security, starch, effect, quality, protein, dan safety* masih tersebar dan belum menunjukkan dominasi yang kuat dari satu penulis tertentu. Setiap penulis yang teridentifikasi seperti Abdullahi A., Abolude O., Adebo Janet Adeyinka, Adebo Oluwafemi Ayodeji, Adedeji Olajide Emmanuel, Ahmed Shakeel, Ali Akbar, Alnaddaf Lina M., Aloyan Tatevik, dan Amer Hala, masing-masing hanya berkontribusi pada satu dokumen ilmiah yang relevan. Kondisi ini menandakan bahwa penelitian mengenai keterkaitan antara keamanan pangan dengan komponen biopolimer seperti pati dan protein masih berada pada tahap pengembangan dan belum terpusat pada kelompok peneliti tertentu.

Dominasi penulis yang tersebar menunjukkan bahwa penelitian di bidang ini cenderung dilakukan secara independen di berbagai institusi dan wilayah, mencerminkan sifat multidisipliner dan luasnya cakupan topik yang mencakup aspek kimia pangan, teknologi pengolahan, serta bioteknologi. Kajian yang dilakukan oleh para penulis tersebut umumnya diarahkan untuk memahami efek perlakuan fisik dan kimia terhadap kualitas dan keamanan pangan, terutama dalam kaitannya dengan stabilitas struktur pati dan protein sebagai komponen fungsional utama dalam bahan pangan. Melalui pendekatan eksperimental dan analisis molekuler, berbagai studi telah berupaya menjelaskan bagaimana perubahan karakteristik pati dapat memengaruhi tekstur, daya cerna, dan nilai gizi produk pangan. Sementara protein dikaji dalam konteks peningkatan fungsi biologis dan pencegahan degradasi selama proses penyimpanan dan pengolahan.

Dengan demikian, distribusi penulis yang merata menegaskan bahwa isu keamanan pangan berbasis pati dan protein merupakan bidang riset yang masih terbuka luas dan berpotensi besar untuk dikembangkan melalui kolaborasi internasional. Keterlibatan peneliti dari berbagai negara juga menandakan adanya kesadaran global terhadap pentingnya peningkatan kualitas dan keamanan pangan melalui pemanfaatan pendekatan ilmiah yang berfokus pada karakteristik biopolimer alami. Kedepannya, peningkatan kolaborasi lintas institusi dan penguatan jejaring penelitian diharapkan dapat memperdalam pemahaman terhadap efek sinergis antara komposisi biopolimer dan aspek keamanan pangan, sehingga mampu mendukung pengembangan sistem pangan yang lebih aman, bergizi, dan berkelanjutan.



Gambar 3. Jumlah Sitasi Secara Global

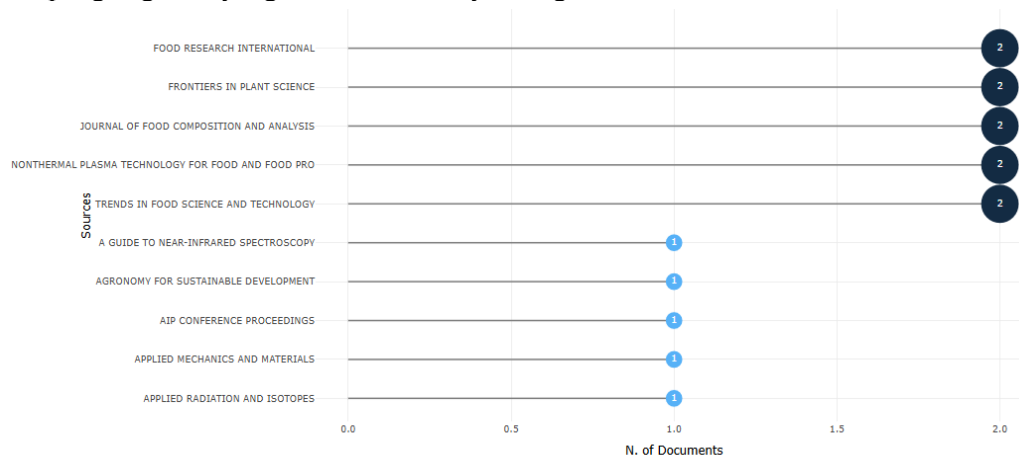
Gambar 3 tersebut, menunjukkan bahwa penelitian yang berkaitan dengan topik *food security, starch, effect, quality, protein, dan safety* telah mengalami perkembangan signifikan dengan tingkat pengaruh ilmiah yang luas. Publikasi oleh El Sabagh A. (2020) yang dipublikasikan dalam jurnal *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*, dengan 118 sitasi, memperoleh jumlah sitasi tertinggi secara global. Hal tersebut menunjukkan bahwa kajian yang menyoroti keterkaitan antara perubahan iklim, produktivitas tanaman, dan stabilitas pangan telah dianggap sebagai landasan konseptual penting dalam riset ketahanan dan keamanan pangan. Melalui pendekatan multidisipliner, hubungan antara dinamika lingkungan dan komposisi biokimia tanaman, termasuk kandungan pati dan protein, telah dijelaskan sebagai faktor yang menentukan kualitas dan keamanan produk pangan yang dihasilkan.

Dominasi publikasi dengan topik tersebut memperlihatkan bahwa isu keamanan pangan semakin dipahami bukan hanya sebagai persoalan ketersediaan bahan pangan, tetapi juga sebagai hasil dari kompleksitas interaksi antara komposisi kimia, pengaruh eksternal lingkungan, dan proses pascapanen. Kajian oleh Broberg M.C. (2015) dalam *Environmental Pollution* sebanyak 105 sitasi dan Perera K.Y. (2022) dalam *Food Chemistry* sebanyak 92 sitasi, dapat menguatkan pandangan bahwa efek polutan lingkungan terhadap kualitas dan protein pangan berpengaruh langsung terhadap aspek keamanan konsumsi. Dalam konteks ini, penelitian yang menelusuri perubahan struktur biopolimer seperti pati dan protein akibat stres oksidatif, paparan toksin, atau kondisi penyimpanan, telah memberikan pemahaman ilmiah yang mendalam tentang bagaimana mutu pangan dapat menurun dan risiko keamanan meningkat.

Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Chakona G. (2017) dalam *Nutrients* dan Gupta S. (2021) dalam *Frontiers in Plant Science* telah menunjukkan bahwa efek gizi dari konsumsi protein dan pati berkualitas rendah dapat berdampak pada ketahanan pangan masyarakat secara makro. Oleh karena itu, upaya untuk mempertahankan kualitas dan keamanan bahan pangan berbasis pati dan protein telah diarahkan melalui pengembangan teknologi pengolahan yang memperhatikan kestabilan biokimia pangan. Penelitian lain seperti yang dilakukan oleh Panghal A. (2021) dalam *Toxin Reviews* juga menegaskan pentingnya pengendalian toksisitas dan degradasi protein sebagai komponen kunci dalam menjaga keamanan pangan selama penyimpanan dan distribusi.

Secara keseluruhan, kecenderungan sitasi tertinggi terhadap publikasi yang mengintegrasikan topik *food security, starch, effect, quality, protein, dan safety* mencerminkan bahwa penelitian global telah bergeser menuju paradigma yang lebih sistemik dan berbasis risiko. Pendekatan ilmiah yang digunakan dalam studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa ketahanan pangan berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui pengendalian kualitas biokimia, perlindungan terhadap faktor lingkungan yang merugikan, serta penerapan teknologi yang memastikan stabilitas dan keamanan produk pangan. Dengan demikian, hasil analisis ini memperkuat pandangan bahwa riset masa depan di bidang pangan harus diarahkan pada

integrasi antara dimensi nutrisi, keamanan, dan kualitas secara menyeluruh untuk mendukung sistem pangan global yang aman dan berdaya saing.

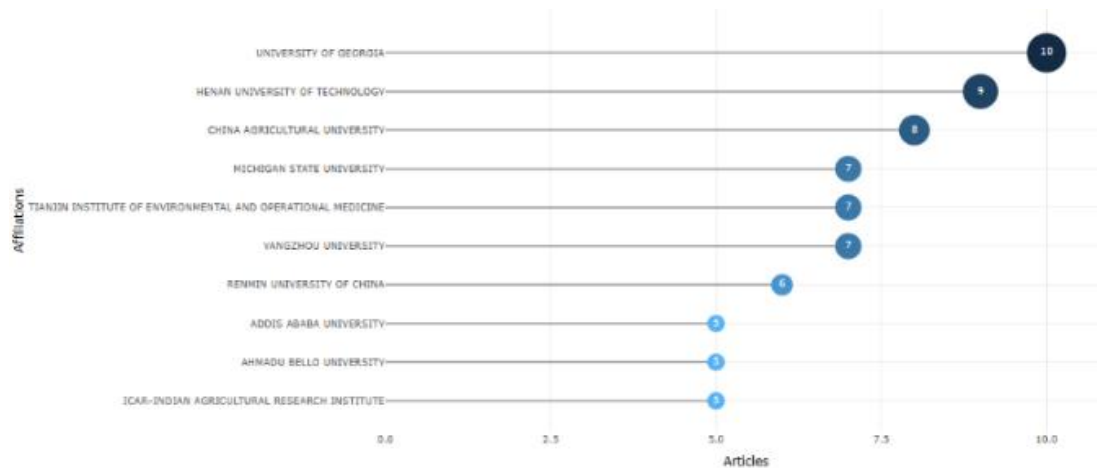


Gambar 4. Sumber Paling Relevan

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa publikasi ilmiah yang membahas topik terkait *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, *protein*, dan *safety* paling banyak diterbitkan melalui jurnal bereputasi internasional seperti Food Research International, Frontiers in Plant Science, Journal of Food Composition and Analysis, Trends in Food Science and Technology, serta Nonthermal Plasma Technology for Food and Food Processing. Dominasi jurnal-jurnal tersebut menunjukkan bahwa isu mengenai keamanan pangan dan kualitas bahan biopolimer telah dijadikan fokus penelitian yang intensif di tingkat global. Dalam berbagai studi yang diterbitkan pada sumber tersebut, perhatian utama telah diarahkan pada pemahaman mengenai bagaimana komponen kimiawi seperti pati dan protein mengalami perubahan struktural akibat perlakuan fisik, kimia, atau biologis, serta bagaimana perubahan tersebut memberikan efek terhadap kualitas dan keamanan produk pangan.

Penelitian yang dimuat dalam jurnal Food Research International dan Journal of Food Composition and Analysis umumnya difokuskan pada analisis komposisi dan kestabilan biopolimer, yang mana pengaruh perlakuan termal dan nontermal terhadap sifat fungsional pati dan protein telah dievaluasi secara sistematis untuk menentukan dampaknya terhadap mutu sensorik dan nilai gizi pangan. Sementara itu, publikasi pada Frontiers in Plant Science dan Agronomy for Sustainable Development memperlihatkan bahwa kualitas bahan baku pangan sangat ditentukan oleh kondisi fisiologis tanaman penghasil pati dan protein, yang sering ditemukan pada beberapa kasus dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti stres abiotik dan perubahan iklim. Efek dari kondisi tersebut telah ditemukan dapat menurunkan kadar protein serta mengubah struktur pati, yang pada akhirnya memengaruhi aspek keamanan konsumsi dan stabilitas produk akhir.

Selain itu, jurnal Trends in Food Science and Technology dan Nonthermal Plasma Technology for Food and Food Processing menampilkan kecenderungan penelitian yang lebih aplikatif, di mana teknologi inovatif seperti plasma nontermal dan spektroskopi inframerah telah digunakan untuk meningkatkan kontrol terhadap kualitas dan keamanan pangan secara *real time*. Melalui penerapan teknologi tersebut, degradasi molekuler, kontaminasi mikroba, serta perubahan kimia yang berpotensi menurunkan keamanan produk dapat dideteksi dan diminimalisir sejak tahap awal proses produksi. Dengan demikian, hasil analisis ini menunjukkan bahwa sumber publikasi yang paling relevan telah secara konsisten memfokuskan kajian pada peningkatan keamanan pangan melalui pemahaman mendalam terhadap efek perlakuan terhadap struktur pati dan protein, dengan tujuan akhir berupa peningkatan kualitas serta jaminan keamanan produk pangan yang dihasilkan.



Gambar 5. Institusi Paling Relevan

Berdasarkan Gambar 5 dapat diidentifikasi bahwa kontribusi ilmiah terkait topik *food security, starch, effect, quality, protein, dan safety* telah didominasi oleh sejumlah institusi akademik dan riset ternama dunia. Posisi teratas ditempati oleh University of Georgia dengan sepuluh publikasi, diikuti oleh Henan University of Technology dengan sembilan publikasi, serta China Agricultural University dengan delapan publikasi. Sementara itu, kontribusi signifikan juga diberikan oleh Michigan State University, Tianjin Institute of Environmental and Operational Medicine, dan Yangzhou University, masing-masing dengan tujuh publikasi, sedangkan Renmin University of China, Addis Ababa University, Ahmadu Bello University, dan ICAR-Indian Agricultural Research Institute berperan aktif dengan lima hingga enam publikasi.

Hal tersebut menunjukkan jika penelitian mengenai interaksi antara komponen biopolimer seperti pati dan protein terhadap kualitas dan keamanan pangan telah difokuskan oleh lembaga-lembaga dengan reputasi kuat di bidang teknologi pangan, biokimia, dan ilmu pertanian. Arah penelitian di institusi-institusi tersebut umumnya diarahkan pada pengembangan strategi ilmiah untuk meningkatkan mutu gizi, stabilitas fungsional, dan keamanan produk pangan melalui pendekatan berbasis bioteknologi dan pengolahan berkelanjutan. Kajian-kajian yang dihasilkan juga telah memusatkan perhatian pada efek pemrosesan terhadap sifat fisikokimia dan bioaktivitas pati dan protein, serta pada identifikasi faktor-faktor yang memengaruhi keamanan konsumsi dan daya simpan pangan dalam konteks ketahanan pangan global.

Dominasi lembaga penelitian dari kawasan Amerika Serikat, Tiongkok, dan Asia menunjukkan bahwa isu keamanan pangan dan kualitas pangan berbasis biopolimer telah menjadi agenda riset strategis yang bersifat multidimensional. Melalui kegiatan penelitian yang terintegrasi, berbagai institusi tersebut telah berkontribusi dalam memperkuat basis pengetahuan ilmiah mengenai hubungan antara komposisi biokimia, keamanan, serta nilai fungsional pangan, sehingga arah pengembangan riset di masa depan dapat difokuskan pada inovasi yang mendukung ketahanan pangan berkelanjutan serta keamanan dan mutu pangan global.

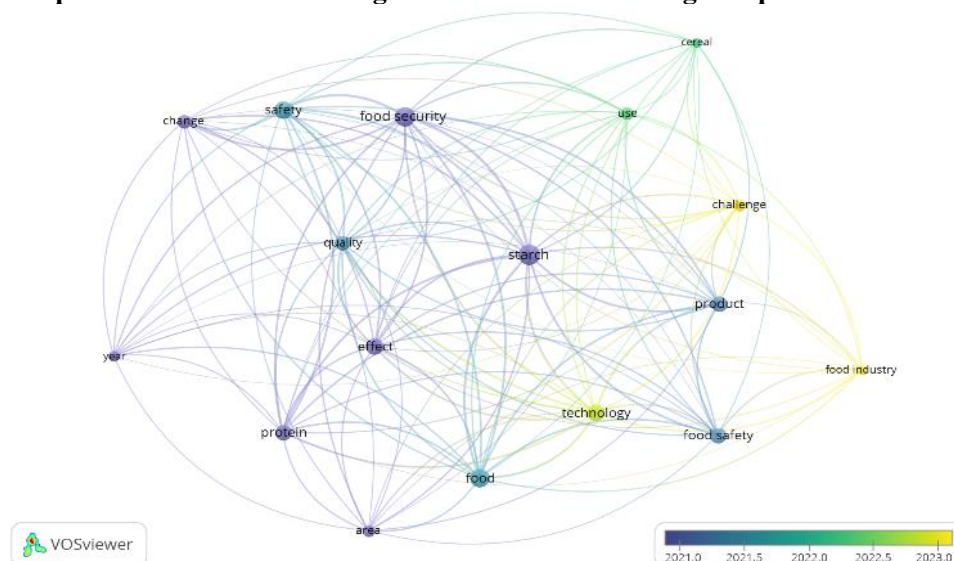


Gambar 6. Peta Kolaborasi Antar Negara

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat bahwa penelitian yang berfokus pada *food security*, *starch*, *effect*, *quality*, protein, dan *safety* telah dilakukan secara luas melalui kerja sama lintas negara, yang didominasi oleh kontribusi dari Amerika Serikat, Tiongkok, dan India. Kolaborasi tersebut dilakukan untuk memperkuat pengembangan ilmu dan teknologi di bidang pangan, yang mana interaksi antara pati dan protein dianalisis untuk memahami pengaruhnya terhadap kualitas produk, stabilitas sistem pangan, serta keamanan konsumsi. Dalam berbagai publikasi, efek perlakuan fisik, kimia, dan biologis terhadap struktur molekul bahan pangan telah diteliti secara mendalam untuk menilai dampaknya terhadap nilai gizi, tekstur, serta daya simpan produk yang dihasilkan.

Upaya peningkatan keamanan pangan telah dilakukan melalui pengujian yang sistematis terhadap potensi kontaminasi, degradasi senyawa bioaktif, dan risiko toksisitas yang dapat muncul selama proses pengolahan. Hasil-hasil penelitian tersebut telah dimanfaatkan untuk memperkuat standar mutu dan keamanan dalam rantai pasok pangan global. Kolaborasi antara negara-negara dengan kapasitas riset tinggi, seperti Amerika Serikat dan Tiongkok, telah dimanfaatkan sebagai sarana pertukaran pengetahuan dan teknologi untuk menghasilkan sistem pangan yang lebih aman, bernutrisi, dan berkelanjutan. Dengan demikian, kerja sama ilmiah yang tergambar pada peta kolaborasi dunia tersebut menunjukkan bahwa isu keamanan, kualitas, serta efek interaksi biopolimer pangan telah dijadikan fokus utama dalam membangun ketahanan pangan global berbasis riset ilmiah.

3. Hotspot dan Tren Perkembangan Melalui Analisis Pengelompokan Kata Kunci



Gambar 7. Pemetaan Berdasarkan Overlay Visualization

Berdasarkan visualisasi jaringan yang pada Gambar. 7 tersebut, keterkaitan tematik antara kata kunci utama yang berkaitan dengan topik keamanan pangan dan komponen penyusunnya telah diidentifikasi secara jelas melalui analisis co-occurrence menggunakan perangkat lunak VOSviewer. Pemetaan ini menunjukkan keterkaitan konseptual antar topik yang kerap muncul secara bersamaan dalam publikasi ilmiah terkait, yang secara dominan terpusat pada terminologi seperti *food security*, *starch*, *protein*, *quality*, *effect*, dan *safety*. Posisi kata-kata tersebut pada area inti jaringan menunjukkan bahwa dimensi-dimensi ini telah dijadikan sebagai pilar utama dalam kajian yang berfokus pada mutu dan keamanan bahan pangan, terutama yang berbasis pada sumber pati dan protein alami.

Kata kunci *starch* atau pati menempati simpul utama dengan koneksi yang luas terhadap *protein*, *effect*, dan *quality*, yang menandakan bahwa sebagian besar penelitian terdahulu diarahkan untuk menelusuri interaksi fungsional antara komponen biopolimer tersebut terhadap karakteristik fisikokimia, nilai nutrisi, dan stabilitas produk pangan. Penelitian yang dikaitkan dengan *effect* banyak difokuskan pada perubahan struktur molekuler akibat perlakuan termal atau teknologi pengolahan, sedangkan keterkaitan dengan *quality* mengindikasikan bahwa perhatian besar telah diberikan pada pengaruh modifikasi pati dan protein terhadap tekstur, daya simpan, dan mutu organoleptik produk. Dalam konteks ini, dimensi *safety* atau keamanan pangan menjadi aspek integral yang dinilai tidak hanya dari potensi kontaminasi biologis dan kimia, tetapi juga dari kestabilan senyawa bioaktif dan keamanan konsumsi produk hasil pengolahan.

Kata kunci ketahanan pangan (*food security*) memiliki kedekatan dengan keamanan (*safety*) dan kualitas (*quality*). Hal ini menunjukkan adanya keterkaitan antara studi pada skala mikro seperti reaksi biokimia bahan dengan isu pada skala makro seperti ketahanan pangan global. Pola ini menunjukkan bahwa penelitian terkait keamanan dan mutu bahan pangan telah berkembang ke arah yang lebih sistemik, di mana faktor-faktor produksi, distribusi, serta daya tahan gizi pangan menjadi bagian dari strategi peningkatan ketahanan pangan nasional dan global. Hubungan erat antara *food security* dan *technology* yang terlihat pada kluster yang berwarna lebih muda juga menandakan adanya pergeseran fokus penelitian menuju penerapan teknologi inovatif dalam rantai produksi pangan, seperti bioteknologi, teknologi pengolahan berbasis enzim, dan metode deteksi cepat untuk menjamin keamanan dan kualitas produk akhir.

Selain itu, keberadaan kata kunci *food industry*, *challenge*, dan *product* pada kluster yang berwarna lebih terang (mewakili topik yang lebih baru) memperlihatkan bahwa riset mutakhir mulai menekankan pendekatan aplikatif yang meninjau bagaimana inovasi berbasis pati dan protein dapat diterapkan dalam skala industri pangan modern. Kajian tersebut berorientasi pada peningkatan efisiensi proses, pengurangan kehilangan nutrisi, serta peningkatan keamanan melalui sistem pengawasan berbasis sensor dan digitalisasi rantai pasok. Dalam hal ini, aspek keamanan tidak hanya dimaknai sebagai pencegahan risiko kontaminasi, tetapi juga mencakup keamanan pasokan pangan berkelanjutan yang terjamin mutunya sepanjang siklus produksi dan distribusi.

Secara keseluruhan, struktur jaringan yang terbentuk dalam visualisasi ini memperlihatkan adanya dua kutub tematik utama yang saling melengkapi: kutub pertama yang bersifat fundamental, mencakup penelitian mengenai karakterisasi komponen biokimia (pati dan protein), efek pengolahan, serta kualitas produk; dan kutub kedua yang bersifat aplikatif dan kontemporer, mencakup adopsi teknologi pangan modern, tantangan industri, serta implikasi terhadap ketahanan dan keamanan pangan global. Pergeseran fokus dari riset dasar menuju pendekatan terapan ini mengindikasikan adanya transformasi paradigma penelitian pangan yang tidak lagi terbatas pada kajian laboratorium, tetapi diarahkan pada penciptaan solusi inovatif berbasis sains untuk menjawab tantangan keamanan pangan masa depan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa visualisasi jaringan ini mencerminkan evolusi riset pangan yang semakin terintegrasi antara aspek pati, protein, efek, kualitas, dan keamanan, serta memberikan gambaran yang komprehensif mengenai bagaimana isu-isu tersebut dihubungkan untuk mendukung penguatan ketahanan pangan global yang aman, berkualitas, dan berkelanjutan.

D. Penutup

Berdasarkan temuan analisis bibliometrik, dapat ditarik kesimpulan bahwa penelitian global yang berfokus pada keterkaitan antara keamanan pangan, pati, efek, kualitas, dan protein menunjukkan perkembangan yang signifikan dengan karakter multidisipliner yang semakin kuat. Analisis memperlihatkan adanya tren peningkatan jumlah publikasi dalam beberapa tahun terakhir, disertai dengan perluasan jejaring kolaborasi antar penulis dan institusi internasional. Pemetaan kata kunci dominan mengindikasikan bahwa fokus penelitian telah bergeser dari pendekatan konvensional ke pendekatan integratif yang menggabungkan aspek kimia pangan, bioteknologi, dan teknologi pengolahan, terutama dalam konteks keamanan pangan berkelanjutan. Pendekatan bibliometrik ini tidak hanya memetakan dinamika evolusi ilmu pengetahuan di bidang pangan, tetapi juga berhasil mengidentifikasi kesenjangan penelitian krusial, seperti interaksi kompleks antara biopolimer, kualitas sensorik, dan stabilitas keamanan produk. Dengan demikian, hasil kajian ini memberikan wawasan strategis yang penting sebagai landasan untuk pengembangan arah riset, inovasi teknologi, dan kebijakan pangan global yang bertujuan meningkatkan kualitas, nilai gizi, dan keamanan konsumsi secara berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Ayofemi Olalekan Adeyeye, S., Aderoju Adeola, A., Turrini, A., & Pikosky Matthew Pikosky, M. A. (n.d.). *Recognizing the importance of protein quality in an era of food systems transformation*.
- Cruz, R. M. S. (2025). Storage and Shelf-Life Assessment of Food Products. In *Foods* (Vol. 14, Issue 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods14162795>
- Du, J., Lin, Y., Gao, Y., Tian, Y., Zhang, J., & Fang, G. (2022). Nutritional Changes and Early Warning of Moldy Rice under Different Relative Humidity and Storage Temperature. *Foods*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/foods11020185>
- FAO. (2023). The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. In *The State of Food Security and Nutrition in the World 2023*. FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO; <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- Gusenbauer, M. (2024). Beyond Google Scholar, Scopus, and Web of Science: An evaluation of the backward and forward citation coverage of 59 databases' citation indices. *Research Synthesis Methods*, 15. <https://doi.org/10.1002/jrsm.1729>
- Huang, Z., Huang, X., Zhou, W., Zhang, L., Liu, F., Li, J., Peng, S., Cao, Y., Li, Y., Li, R., & Li, J. (2021). Fabrication and stability of Pickering emulsions using moringa seed residue protein: Effect of pH and ionic strength. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(7), 3484–3494. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14975>
- Knorr, D., & Augustin, M. A. (2023). The future of foods. In *Sustainable Food Technology* (Vol. 2, Issue 2, pp. 253–265). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3fb00199g>
- Langyan, S., Yadava, P., Khan, F. N., Dar, Z. A., Singh, R., & Kumar, A. (2022). Sustaining Protein Nutrition Through Plant-Based Foods. In *Frontiers in Nutrition* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.772573>
- Li, J., & Song, W. (2022). Food Security Review Based on Bibliometrics from 1991 to 2021. In *Foods* (Vol. 11, Issue 23). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods11233915>
- Liu, Z., Wang, S., Zhang, Y., Feng, Y., Liu, J., & Zhu, H. (2023). Artificial Intelligence in Food Safety: A Decade Review and Bibliometric Analysis. In *Foods* (Vol. 12, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12061242>
- Lund, M. N., & Ray, C. A. (2017). Control of Maillard Reactions in Foods: Strategies and Chemical Mechanisms. In *Journal of Agricultural and Food Chemistry* (Vol. 65, Issue

- 23, pp. 4537–4552). American Chemical Society.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00882>
- Mashauri, H. L., Max, B. L., Makweba, S. M., & Nonga, H. E. (2025). Antimicrobial Residues and Food Safety: A Public Health Crisis of Concern in Tanzania. A Review. In *Health Science Reports* (Vol. 8, Issue 8). John Wiley and Sons Inc. <https://doi.org/10.1002/hsr2.71155>
- Qiu, C., Hu, H., Chen, B., Lin, Q., Ji, H., & Jin, Z. (2024). Research Progress on the Physicochemical Properties of Starch-Based Foods by Extrusion Processing. In *Foods* (Vol. 13, Issue 22). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/foods13223677>
- Rajendra, A., Ying, D., Dorothy, R., Minh, W., & Zhongxiang, H. (2023). Effect of Extrusion on the Functional , Textural and Colour Characteristics of Texturized Hempseed Protein. *Food and Bioprocess Technology*, 98–110. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02923-z>
- Šubelj, L., Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2016). Clustering scientific publications based on citation relations: A systematic comparison of different methods. *PLoS ONE*, 11(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154404>
- Teodorowicz, M., Van Neerven, J., & Savelkoul, H. (2017). Food processing: The influence of the maillard reaction on immunogenicity and allergenicity of food proteins. In *Nutrients* (Vol. 9, Issue 8). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/nu9080835>
- Yiasmin, M. N. M., Al Azad, S., Easdani, M., Islam, Md. S., Hussain, M., Cao, W., Chen, N., Uriho, A., Asaduzzaman, Md., & Xiao, H. (2024). *A Review of Polysaccharide-Protein Interactions in Food Systems: Mechanisms, Stability, and Applications*. <https://doi.org/10.20944/preprints202412.0091.v1>
- Zahir, A., Ge, Z., & Khan, I. A. (2025). Public Health Risks Associated with Food Process Contaminants – A Review. *Journal of Food Protection*, 88(2), 100426. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100426>
- Zhu, B., Hamamurad, Q. H., & Habibah Abdul Talib, H. (2024). Quality and food safety management review: Biblioshiny. In *CYTA - Journal of Food* (Vol. 22, Issue 1). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/19476337.2024.2405005>
- Zhu, J., Bai, Y., & Gilbert, R. G. (2023). Effects of the Molecular Structure of Starch in Foods on Human Health. In *Foods* (Vol. 12, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods12112263>