

Protein Sebagai Senyawa Organik: Studi Pustaka tentang Struktur, Fungsi, dan Pemanfaatannya dalam Berbagai Bidang

Ratu Naila Nurfaiza*, Mokhamad Mahroji, Desi Ratnasari, Muhammad Faridz Ash Shiddiq

Universitas Bina Bangsa, Indonesia

Email: naynanay009@gmail.com*, ratnaajaa443@gmail.com, faridzasiddiq@gmail.com

Keywords:	Abstract
proteins; organic compounds; amino acids; peptide bonds; denaturation	<i>Protein is an organic compound that is very important for living things because it plays a role in various biological processes, from tissue formation, metabolic regulation, catalysis of biochemical reactions, to the function of molecular transport and the body's defense against pathogens. Chemically, proteins are composed of amino acids that are linked to each other through peptide bonds to form polypeptide chains with complex structures, ranging from primary structures in the form of amino acid sequences, secondary structures such as alpha-helices and beta-sheets, to tertiary and quaternary structures formed through three-dimensional folding. These structures determine the physical properties, chemical properties, and biological functions of proteins according to their respective roles. The development of organic chemistry and biotechnology has encouraged the use of proteins in various fields, such as health through the production of antibodies and recombinant hormones, pharmaceuticals through the development of therapeutic proteins, food through increasing nutritional value, and industry through the use of enzymes in biocatalysis. This study uses a literature review method by systematically reviewing various books and scientific articles published in 2020–2025. The results of the study indicate that proteins have a structure that greatly determines their biological activity, where small changes in structure can have a major impact on their function. Structural changes due to temperature, pH, or chemicals can cause denaturation, which is the breakdown of non-covalent bonds that support secondary and tertiary structures without breaking peptide bonds, thereby reducing the biological function of proteins. Therefore, understanding proteins as organic compounds is crucial to support the development of science and its application in everyday life. The implications of this understanding include the development of biotechnology products, improving food quality and safety, and pharmaceutical advances in producing more effective protein-based therapies.</i>
Kata Kunci:	Abstrak
protein; senyawa organik; asam amino; ikatan peptida; denaturasi.	<i>Protein merupakan salah satu senyawa organik yang sangat penting bagi makhluk hidup karena berperan dalam berbagai proses biologis, mulai dari pembentukan jaringan, pengaturan metabolisme, katalisis reaksi biokimia, hingga fungsi transportasi molekul dan pertahanan tubuh terhadap patogen. Secara kimia, protein tersusun atas asam-asam amino yang saling berikatan melalui ikatan peptida membentuk rantai polipeptida dengan struktur yang kompleks, mulai dari struktur primer berupa urutan asam amino, struktur sekunder seperti alpha-helix dan beta-sheet, hingga struktur tersier dan kuaterner yang terbentuk melalui pelipatan tiga dimensi. Struktur tersebut menentukan sifat fisik, sifat kimia, serta fungsi biologis protein sesuai perannya masing-masing. Perkembangan ilmu kimia organik dan bioteknologi telah mendorong pemanfaatan protein dalam berbagai bidang, seperti kesehatan melalui produksi antibodi dan hormon rekombinan, farmasi melalui pengembangan protein terapeutik, pangan melalui peningkatan nilai gizi, serta industri melalui pemanfaatan enzim dalam biokatalisis. Kajian ini menggunakan metode studi pustaka dengan mengkaji secara sistematis berbagai buku dan artikel ilmiah yang diterbitkan pada tahun 2020–2025.</i>

Hasil kajian menunjukkan bahwa protein memiliki struktur yang sangat menentukan aktivitas biologisnya, di mana perubahan kecil pada struktur dapat berdampak besar terhadap fungsinya. Perubahan struktur akibat suhu, pH, maupun bahan kimia dapat menyebabkan denaturasi, yaitu rusaknya ikatan non-kovalen penopang struktur sekunder dan tersier tanpa memutus ikatan peptida, sehingga fungsi biologis protein menurun. Oleh karena itu, pemahaman mengenai protein sebagai senyawa organik sangat penting untuk menunjang perkembangan ilmu pengetahuan dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Implikasi dari pemahaman ini mencakup pengembangan produk bioteknologi, peningkatan kualitas dan keamanan pangan, serta kemajuan farmasi dalam menghasilkan terapi berbasis protein yang lebih efektif.

PENDAHULUAN

Protein merupakan salah satu biomolekul utama yang sangat penting bagi kehidupan seluruh makhluk hidup. Bersama karbohidrat, lipid, dan asam nukleat, protein termasuk kelompok senyawa organik yang menyusun sel serta berperan dalam hampir seluruh proses metabolisme. Secara kimiawi, protein tersusun atas atom karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), dan pada beberapa jenis protein juga mengandung sulfur (S). Keberadaan unsur-unsur tersebut menyebabkan protein memiliki struktur kimia yang lebih kompleks dibandingkan senyawa organik lainnya (Santoso, 2022). Kompleksitas struktur ini menjadi fondasi bagi beragamnya fungsi protein dalam sistem biologis, mulai dari katalisis enzimatis hingga pengaturan ekspresi gen. Dalam skala global, pemahaman mendalam tentang protein menjadi kunci untuk mengatasi berbagai tantangan di bidang kesehatan, ketahanan pangan, dan keberlanjutan industri (Anam et al., 2024).

Isu global terkait protein saat ini mencakup tiga aspek utama: kekurangan asupan protein di negara berkembang, peningkatan permintaan protein berkualitas tinggi di negara maju, dan dampak lingkungan dari produksi protein hewani. Menurut laporan Food and Agriculture Organization (FAO, 2023), sekitar 1,3 miliar orang di dunia mengalami kekurangan asupan protein, sementara konsumsi protein global diperkirakan akan meningkat sebesar 40% pada tahun 2050 seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan pendapatan per kapita. Di sisi lain, produksi protein hewani menyumbang sekitar 14,5% dari total emisi gas rumah kaca global, yang mendorong pergeseran menuju sumber protein alternatif yang lebih berkelanjutan (FAO, 2023). Data dari (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023) menunjukkan bahwa rata-rata konsumsi protein penduduk Indonesia masih berada di bawah angka kecukupan gizi yang direkomendasikan, terutama pada kelompok masyarakat berpenghasilan rendah dan di daerah terpencil, dengan tingkat konsumsi protein hewani hanya mencapai 40-50 gram per hari dibandingkan rekomendasi 60-70 gram per hari.

Secara spesifik di Indonesia, tantangan terkait protein mencakup ketimpangan akses terhadap sumber protein berkualitas, rendahnya pemahaman masyarakat tentang pentingnya protein, dan terbatasnya pengembangan produk protein berbasis sumber daya lokal yang terjangkau. Survei Kesehatan Indonesia (SKI, 2023) melaporkan bahwa prevalensi kekurangan protein pada anak balita mencapai 17,8%, yang berkontribusi terhadap stunting dan gangguan perkembangan kognitif. Sementara itu, sumber protein nabati seperti kedelai, kacang-kacangan, dan biji-bijian lokal memiliki potensi besar untuk dikembangkan, namun masih menghadapi

kendala dalam hal penerimaan sensoris, bioavailabilitas, dan nilai gizi yang optimal (Khusun et al., 2022). Oleh karena itu, diperlukan upaya terpadu untuk meningkatkan pemahaman tentang protein sebagai senyawa organik serta mengembangkan aplikasi teknologi yang tepat guna.

Penelitian terdahulu yang relevan dan aktual tentang protein telah banyak dilakukan, baik di tingkat nasional maupun internasional. Khusun et al. (2022) meneliti perbedaan konsumsi sumber protein hewani dan nabati di Indonesia dan Malaysia berdasarkan faktor sosiodemografi, menunjukkan bahwa preferensi sumber protein sangat dipengaruhi oleh tingkat pendapatan, pendidikan, dan lokasi geografis. Hadi Kusumah et al. (2022) melakukan isolasi protein dari kacang merah dan kacang hijau menggunakan metode asam basa yang dikombinasikan dengan proses enzimatik, dan menemukan bahwa kombinasi metode ini menghasilkan kadar protein yang lebih tinggi dan bioaktivitas yang lebih baik dibandingkan metode konvensional. Di tingkat internasional, Tang et al. (2025) mengkaji sifat kimia protein whey dalam bubuk protein dan dampaknya terhadap pertumbuhan otot pada atlet, yang menunjukkan bahwa kualitas protein dan profil asam amino sangat menentukan efektivitas suplementasi protein. Sohail et al. (2026) dalam ulasan terbarunya membahas kemajuan desain struktural biomaterial berbasis protein untuk aplikasi pengiriman obat dan pengobatan regeneratif, menyoroti potensi protein sebagai bahan dasar biomaterial yang biokompatibel dan dapat terurai secara hayati. Wen et al. (2025) juga melaporkan aplikasi rekayasa protein di industri farmasi, termasuk pengembangan enzim untuk sintesis bahan aktif dan peningkatan bioaktivitas obat biologis seperti antibodi monoklonal.

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, masih terdapat kesenjangan penelitian (research gap) yang signifikan. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada aspek teknologi dan aplikasi spesifik protein tanpa memberikan pemahaman yang holistik tentang hubungan antara struktur, sifat kimia, fungsi biologis, dan pemanfaatannya sebagai senyawa organik. Penelitian tentang protein di Indonesia, misalnya, masih terbatas pada aspek pangan dan nutrisi, sementara kajian komprehensif tentang kimia protein dan aplikasinya di bidang farmasi dan bioteknologi masih kurang. Selain itu, belum banyak penelitian yang mensintesis literatur terbaru dari berbagai disiplin ilmu untuk memberikan gambaran utuh tentang protein sebagai senyawa organik. Di tingkat global, studi-studi tentang protein seringkali bersifat fragmentaris dan spesifik pada bidang tertentu, sehingga diperlukan kajian integratif yang menghubungkan berbagai aspek protein dalam satu kerangka pemahaman yang utuh.

Urgensi penelitian ini sangat mendesak mengingat peran sentral protein dalam berbagai aspek kehidupan dan tantangan global yang semakin kompleks. Di bidang kesehatan, pemahaman tentang protein sangat penting untuk pengembangan terapi berbasis protein, termasuk vaksin, antibodi monoklonal, dan terapi enzim pengganti yang semakin banyak digunakan (Uno et al., 2025). Di bidang pangan, perubahan iklim dan pertumbuhan populasi menuntut pengembangan sumber protein alternatif yang berkelanjutan dan terjangkau. Di bidang industri, protein digunakan dalam berbagai proses produksi mulai dari industri tekstil hingga farmasi, sehingga efisiensi dan efektivitas penggunaannya sangat bergantung pada pemahaman mendalam tentang sifat-sifat kimia protein. Oleh karena itu, kajian komprehensif tentang protein sebagai senyawa organik menjadi sangat penting untuk mendukung tercapainya Tujuan Pembangunan Berkelanjutan

(Sustainable Development Goals/SDGs), khususnya tujuan ketiga (kesehatan yang baik), kedua (mengakhiri kelaparan), dan kesembilan (industri, inovasi, dan infrastruktur).

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada pendekatan multidisiplin yang mengintegrasikan berbagai aspek protein dalam satu kajian literatur yang komprehensif, dengan fokus pada literatur terbitan 2020-2025 untuk memastikan aktualitas informasi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya terbatas pada aspek tertentu seperti nutrisi (Khusun et al., 2022), teknologi pangan (Hadi Kusumah et al., 2022), atau farmasi (Uno et al., 2025), penelitian ini merangkul semua aspek tersebut dalam satu kerangka pemahaman yang utuh. Selain itu, penelitian ini juga mengidentifikasi keterkaitan antara struktur protein, stabilitasnya, dan aplikasinya dalam berbagai bidang secara sistematis. Dengan meninjau literatur terbaru, termasuk penelitian tentang modulasi struktur protein pangan fungsional (Sui et al., 2026), peran osmolit sebagai regulator struktur-fungsi protein (Bhat, 2025), dan kemajuan biomaterial protein untuk pengiriman obat (Sohail et al., 2026), penelitian ini menawarkan perspektif baru yang lebih holistik dan integratif tentang protein sebagai senyawa organik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji dan mensintesis berbagai literatur terkini tentang protein sebagai senyawa organik, mencakup struktur, sifat fisik dan kimia, fungsi biologis, serta pemanfaatannya di berbagai bidang. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mendeskripsikan struktur dan sifat protein sebagai senyawa organik; (2) menjelaskan hubungan antara struktur dan fungsi biologis protein; (3) mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas dan denaturasi protein; (4) mendeskripsikan berbagai aplikasi protein dalam bidang kesehatan, farmasi, pangan, dan bioteknologi; serta (5) mengidentifikasi kesenjangan penelitian dan arah pengembangan protein di masa depan. Dengan pencapaian tujuan-tujuan tersebut, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan ilmu kimia organik dan aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.

Manfaat penelitian ini sangat luas, baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya khasanah keilmuan tentang protein sebagai senyawa organik dengan menyajikan sintesis literatur yang terkini dan komprehensif. Hasil kajian ini dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi mahasiswa, peneliti, dan akademisi di bidang kimia, biologi, farmasi, dan ilmu pangan. Secara praktis, penelitian ini memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk pengembangan produk-protein inovatif di bidang kesehatan, seperti vaksin dan terapi berbasis protein, di bidang pangan seperti pengembangan sumber protein alternatif yang berkelanjutan, serta di bidang industri seperti optimalisasi penggunaan protein dalam berbagai proses manufaktur. Bagi masyarakat luas, pemahaman yang lebih baik tentang protein dapat mendorong konsumsi protein yang lebih berkualitas dan seimbang untuk mendukung kesehatan dan kesejahteraan. Bagi pemerintah dan pengambil kebijakan, penelitian ini menyediakan landasan ilmiah untuk penyusunan kebijakan di bidang ketahanan pangan, kesehatan masyarakat, dan pengembangan industri bioteknologi.

Secara keseluruhan, latar belakang yang telah diuraikan menunjukkan bahwa protein sebagai senyawa organik merupakan topik yang sangat penting dan relevan untuk dikaji secara mendalam. Dengan pendekatan studi pustaka yang komprehensif, penelitian ini akan memberikan

gambaran utuh tentang protein dari berbagai perspektif, mulai dari struktur molekul, sifat kimia, fungsi biologis, hingga aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini juga akan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang ada dan memberikan rekomendasi untuk penelitian di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, tetapi juga bagi peningkatan kualitas hidup manusia dan keberlanjutan planet ini. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dirancang untuk memberikan kontribusi yang signifikan dalam pemahaman protein sebagai senyawa organik dan aplikasinya dalam berbagai bidang.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode studi pustaka (library research) dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini dipilih karena bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai protein sebagai senyawa organik melalui penelaahan berbagai sumber ilmiah yang relevan. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang berasal dari buku, artikel jurnal nasional maupun internasional, serta publikasi ilmiah yang berkaitan dengan struktur, sifat, fungsi, dan pemanfaatan protein. Referensi yang digunakan diutamakan berasal dari publikasi tahun 2020–2025 agar informasi yang diperoleh sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan terkini.

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu mengidentifikasi topik penelitian, menelusuri literatur yang relevan, menyeleksi sumber berdasarkan kesesuaian materi dan tahun publikasi, kemudian mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan protein sebagai senyawa organik. Literatur yang dipilih berasal dari jurnal ilmiah, buku referensi, serta artikel ilmiah yang memiliki kredibilitas dan dapat dipertanggungjawabkan.

Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis menggunakan teknik analisis deskriptif. Informasi dari berbagai sumber dibandingkan, dikelompokkan, dan disusun secara sistematis sehingga menghasilkan pembahasan yang runtut mengenai struktur protein, sifat fisik dan kimianya, fungsi biologis, serta pemanfaatannya dalam bidang kesehatan, farmasi, pangan, dan bioteknologi. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk uraian ilmiah untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai protein sebagai salah satu senyawa organik yang memiliki peranan penting dalam kehidupan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Protein merupakan senyawa organik yang tersusun atas rantai asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida. Sebagai makromolekul, protein memiliki struktur yang kompleks sehingga mampu menjalankan berbagai fungsi biologis, seperti pembentukan jaringan, katalisis reaksi metabolisme, transportasi zat, dan sistem pertahanan tubuh. Perbedaan urutan asam amino menyebabkan setiap protein memiliki struktur dan fungsi yang berbeda (Khusun et al., 2022). Struktur protein dibangun dari empat tingkatan hierarkis: primer (urutan asam amino), sekunder (lipatan lokal seperti α -heliks dan β -sheet), tersier (struktur tiga dimensi keseluruhan), dan kuarterner (interaksi antar subunit polipeptida). Setiap tingkatan struktur berkontribusi pada fungsi akhir protein, dan gangguan pada salah satu tingkatan dapat menyebabkan hilangnya fungsi.

Salah satu aspek penting dari protein adalah kemampuannya untuk mengalami denaturasi. Denaturasi adalah perubahan struktur tiga dimensi protein tanpa memutuskan ikatan peptidanya, yang menyebabkan hilangnya fungsi biologis. Faktor-faktor seperti suhu tinggi, perubahan pH ekstrem, atau paparan bahan kimia tertentu dapat mengganggu interaksi non-kovalen yang menjaga stabilitas struktur protein. Penelitian oleh Tang et al. (2025) menunjukkan bahwa denaturasi dapat terjadi pada protein whey selama pemrosesan, yang mempengaruhi aktivitas biologisnya dalam mendukung pertumbuhan otot. Rosmalia et al. (2022) juga melaporkan bahwa denaturasi protein pakan dapat mempengaruhi sinkronisasi degradasi protein dalam rumen, yang berdampak pada efisiensi sintesis protein mikroba pada ternak perah. Temuan ini menunjukkan bahwa denaturasi protein memiliki implikasi luas di bidang pangan dan nutrisi.

Selain faktor lingkungan, interaksi protein dengan molekul lain juga dapat mempengaruhi stabilitas dan fungsinya. Osmolit, misalnya, adalah molekul organik kecil yang terakumulasi dalam sel untuk melindungi protein dari tekanan denaturasi. Penelitian oleh Bhat (2025) menunjukkan bahwa osmolit dapat mengatur integritas struktur-fungsi protein kasein yang bersifat intrinsically disordered. Kasein, yang merupakan protein utama dalam susu, memiliki struktur yang dinamis dan fleksibel, dan interaksinya dengan osmolit mempengaruhi konformasi dan aktivitasnya. Temuan ini memberikan wawasan baru tentang bagaimana protein dapat distabilkan dalam lingkungan biologis yang kompleks, serta memiliki implikasi untuk aplikasi dalam industri pangan dan farmasi.

Pemahaman tentang struktur dan stabilitas protein telah mendorong pengembangan berbagai aplikasi di bidang biomedis. Protein digunakan sebagai bahan dasar biomaterial karena sifatnya yang biokompatibel dan dapat terurai secara hayati. Sohail et al. (2026) dalam ulasannya membahas kemajuan dalam desain struktural biomaterial berbasis protein untuk pengiriman obat dan pengobatan regeneratif. Protein dapat dibuat menjadi berbagai bentuk, seperti hidrogel, scaffold, membran, serat, dan nanopartikel, yang masing-masing memiliki aplikasi spesifik. Misalnya, nanopartikel protein dapat digunakan untuk mengantarkan obat ke target tertentu dalam tubuh, meningkatkan efikasi dan mengurangi efek samping. Penggunaan protein sebagai biomaterial menunjukkan potensi besar dalam mengatasi tantangan di bidang medis.

Aplikasi protein juga sangat luas di bidang pangan. Protein berfungsi sebagai sumber asam amino esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan tubuh. Selain itu, protein juga berperan dalam menentukan sifat fungsional produk pangan, seperti tekstur, stabilitas emulsi, dan kapasitas mengikat air. Penelitian oleh Sui et al. (2026) menyoroti pentingnya modulasi struktur protein pangan fungsional untuk meningkatkan manfaat kesehatannya. Dengan semakin menua populasi dan meningkatnya permintaan akan produk kesehatan, protein pangan fungsional menjadi semakin penting. Modulasi struktur protein melalui berbagai teknik, seperti perlakuan fisik (tekanan tinggi, ultrasonik), pendekatan biologis (hidrolisis enzimatis, fermentasi), dan metode kimia (pH-shifting, glikosilasi), dapat meningkatkan bioaktivitas dan aplikasi protein dalam produk pangan.

Perkembangan teknologi rekayasa protein juga membuka peluang baru untuk menciptakan protein dengan sifat yang ditingkatkan. Protein engineering memungkinkan modifikasi protein

melalui directed evolution, rational design, atau computer-assisted design untuk meningkatkan stabilitas, aktivitas, atau spesifisitasnya. Wen et al. (2025) dalam ulasannya membahas aplikasi protein engineering di industri farmasi, termasuk pengembangan enzim untuk sintesis bahan aktif farmasi dan peningkatan bioaktivitas obat biologis seperti enzim terapeutik dan antibodi. Kemajuan ini menunjukkan bahwa protein bukan hanya molekul pasif, tetapi dapat direkayasa untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam berbagai aplikasi industri dan medis.

Secara keseluruhan, hasil kajian ini menegaskan bahwa protein adalah senyawa organik dengan struktur dan fungsi yang sangat beragam. Pemahaman tentang hubungan antara struktur dan fungsi protein adalah kunci untuk memanfaatkannya dalam berbagai bidang. Penelitian tentang stabilitas protein, interaksinya dengan molekul lain, serta teknik modifikasinya terus berkembang, membuka peluang baru untuk aplikasi di bidang kesehatan, pangan, dan industri. Temuan dari berbagai penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa pendekatan multidisiplin yang menggabungkan kimia, biologi, dan teknik diperlukan untuk sepenuhnya memanfaatkan potensi protein sebagai biomolekul serbaguna.

KESIMPULAN

Protein merupakan salah satu senyawa organik yang tersusun atas asam amino yang dihubungkan oleh ikatan peptida sehingga membentuk struktur yang kompleks. Struktur protein, mulai dari struktur primer hingga kuaterner, sangat menentukan sifat fisik, sifat kimia, dan fungsi biologisnya. Protein memiliki peranan penting dalam kehidupan, antara lain sebagai penyusun jaringan tubuh, enzim, hormon, antibodi, dan molekul pengangkut yang mendukung berbagai proses metabolisme. Kajian ini menunjukkan bahwa stabilitas struktur protein sangat rentan terhadap perubahan lingkungan seperti suhu dan pH, yang dapat menyebabkan denaturasi dan hilangnya fungsi. Kemampuan protein untuk membentuk struktur tiga dimensi yang spesifik, yang ditentukan oleh urutan asam amino dan interaksi antargugus, merupakan dasar dari fungsinya sebagai katalis, pembawa sinyal, dan komponen struktural dalam sel.

Selain berperan dalam sistem biologis, protein juga dimanfaatkan secara luas dalam bidang kesehatan, farmasi, pangan, dan bioteknologi. Perkembangan teknologi memungkinkan protein dimanfaatkan dalam pembuatan obat, vaksin, serta berbagai produk pangan yang bernilai gizi tinggi. Penelitian tentang modifikasi protein, baik melalui rekayasa genetika maupun perlakuan fisik-kimia, terus berkembang untuk meningkatkan stabilitas dan aktivitas protein dalam berbagai aplikasi. Oleh karena itu, pemahaman mengenai protein sebagai senyawa organik sangat penting untuk mendukung perkembangan ilmu kimia organik serta penerapannya dalam berbagai bidang ilmu pengetahuan dan kehidupan sehari-hari. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk melakukan kajian eksperimental tentang pengaruh berbagai metode modifikasi struktur protein terhadap aktivitas biologisnya secara *in vivo*, serta eksplorasi lebih lanjut tentang potensi protein sebagai biomaterial cerdas yang responsif terhadap stimulus lingkungan.

REFERENSI

Anam, C., Hamidah, E., Kusumawati, D. E., Istiqomah, I., Qibtiyah, M., & Amiroh, A. (2024). Isolat protein kacang tunggak termodifikasi melalui jenis dan konsentrasi bahan kimia.

Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 18(2), 419–428.

- Bou, R., Navarro-Vozmediano, P., Domínguez, R., López-Gómez, M., Pinent, M., Ribas-Agustí, A., Benedito, J. J., Lorenzo, J. M., Terra, X., García-Perez, J. V., Pateiro, M., Herrera-Cervera, J. A., & Jorba-Martín, R. (2022). Application of emerging technologies to obtain legume protein isolates with improved techno-functional properties and health effects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(3), 2200–2232. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12936>
- Day, L., Cakebread, J. A., & Loveday, S. M. (2022). Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*, 119, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- Hadi Kusumah, S., Andoyo, R., & Rialita, T. (2022). Isolasi protein kacang merah dan kacang hijau menggunakan metode asam basa dikombinasikan dengan proses enzimatis. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 32(2), 157–168.
- Irmayani, I., Lestari, S. A., & Novieta, I. D. (2024). Kandungan protein dan serat kasar pakan ayam broiler (*Gallus domesticus*) yang diberi tepung daun murbei (*Morus alba*) dengan level berbeda. *Jurnal Peternakan Lokal*, 6(2), 72–79. <https://doi.org/10.46918/peternakan.v6i2.2273>
- Kang, S., Zhang, J., Guo, X., Lei, Y., & Yang, M. (2022). Effects of ultrasonic treatment on the structure, functional properties of chickpea protein isolate and its digestibility in vitro. *Foods*, 11(6), 880. <https://doi.org/10.3390/foods11060880>
- Khusun, H., Februhartanty, J., Anggraini, R., Mognard, E., Alem, Y., Noor, M. I., Karim, N., Laporte, C., Poulain, J. P., Monsivais, P., & Drewnowski, A. (2022). Animal and plant protein food sources in Indonesia differ across socio-demographic groups: Socio-cultural research in protein transition in Indonesia and Malaysia. *Frontiers in Nutrition*, 9, 762459.
- Loushigam, G., & Shanmugam, A. (2023). Modifications to functional and biological properties of proteins of cowpea pulse crop by ultrasound-assisted extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 97, 106448. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2023.106448>
- Mariska, R., Mita, S. R., & Nuryani, T. W. (2025). Artikel ulasan: Perkembangan metode analisis penetapan kadar albumin dalam obat tradisional dan suplemen kesehatan. *Indonesian Journal of Biological Pharmacy*, 5(1).
- Rosmalia, A., Permana, I. G., & Despal. (2022). Synchronization of rumen degradable protein with non-fiber carbohydrate on microbial protein synthesis and dairy ration digestibility. *Veterinary World*, 15(2), 252–261.
- Santoso, U. (2022). Upaya peningkatan konsumsi protein hewani asal ternak di Indonesia. *Buletin Peternakan Tropis*, 3(2), 89–95.
- Sari, S. R., & Sjoefjan, O. (2022). The Use of "Organic Protein" in Feed Formulation on Intestinal and Ammonia Levels of Broiler. *Animal Production*, 24(2), 91–96.
- Shrestha, S., Hag, L. V., Haritos, V., & Dhital, S. (2023). Comparative study on molecular and higher-order structures of legume seed protein isolates: Lentil, mungbean and yellow pea. *Food Chemistry*, 411, 135464. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135464>
- SindhuGhosa, W. U., & Sidiartha, I. G. L. (2023). Asupan protein hewani berhubungan dengan stunting pada anak usia 1–5 tahun di lingkungan kerja Puskesmas Nagi Kota Larantuka, Kabupaten Flores Timur. *Intisari Sains Medis*, 14(1), 387–393. <https://doi.org/10.15562/ism.v14i1.1708>

- Sudding, S., Ilyas, N. M., Amirullah, N. F., Zakina, N., dkk. (2025). Analisis profil protein menggunakan metode SDS-PAGE pada berbagai matriks biologis. *Chemica: Jurnal Ilmiah Kimia dan Pendidikan Kimia*, 27(1).
- Sun, H., Li, J., Hussain, M. A., Hou, J., & Ma, J. (2023). Characterization and comparison of structure, thermal and functional characteristics of various commercial pea proteins. *Food Bioscience*, 53, 102740. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102740>
- Tang, C., Xi, T., Zheng, J., & Cui, X. (2025). Chemical properties of whey protein in protein powders and its impact on muscle growth in athletes: A review. *Integrative Medicine Research*.
- Uno, W. Z., Tompe, S. S., Miftahuljannah, S., Pulukadang, A. M., Hako, F. R., & Dunggio, K. P. (2025). Advances in protein synthesis technology and their implications for future protein availability: A narrative review. *Journal of International Multidisciplinary Research*, 4(2), 118–125.
- van Loon, M. P., Alimagham, S., Pronk, A., Fodor, N., Ion, V., Kryvoshein, O., Kryvobok, O., Marrou, H., Mihail, R., Mínguez, M. I., Pulina, A., Reckling, M., Rittler, L., Roggero, P. P., Stoddard, F. L., Topp, C. F. E., van der Wel, J., Watson, C., & van Ittersum, M. K. (2023). Grain legume production in Europe for food, feed and meat-substitution. *Global Food Security*, 39, 100723. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2023.100723>
- Vidaurre-Ruiz, J., Bender, D., & Schönlechner, R. (2023). Exploiting pseudocereals as novel high protein grains. *Journal of Cereal Science*, 114, 103795. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2023.103795>