

Protein sebagai *Emulsifier* dan *Foaming Agent*: Tinjauan Mekanisme, Modifikasi, dan Aplikasi Industri

Desti Novia Salsabilla^{1*}, Raden Siti Nurlaela², Siti Nurhalimah³

^{1*}Teknologi Pangan dan Gizi, Universitas Djuanda, destinovia03@gmail.com

²Teknologi Pangan dan Gizi, Universitas Djuanda, r.siti.nurlaela@unida.ac.id

³Teknologi Pangan dan Gizi, Universitas Djuanda, siti.nurhalimah@unida.ac.id

ABSTRAK

Protein berperan penting dalam sistem pangan di luar nilai gizinya, terutama karena sifat amfifiliknya yang memungkinkan fungsi ganda sebagai *emulsifier* dan agen pembentuk buih alami. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif mekanisme, faktor penentu kinerja, strategi modifikasi terkini, dan aplikasi inovatif protein dalam produk pangan industri. Metode yang digunakan adalah studi literatur kualitatif dan eksploratif dengan menganalisis artikel-artikel relevan dari tahun 2015 hingga 2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa fungsionalitas protein berasal dari kemampuannya beradsorpsi pada antarmuka minyak-air atau udara-air, membentuk lapisan film viskoelastis yang memberikan stabilisasi secara sterik dan elektrostatik. Kinerjanya dipengaruhi oleh faktor intrinsik (sumber dan struktur protein) dan ekstrinsik (pH, suhu, kekuatan ionik), dengan efek sinergis yang diamati ketika dikombinasikan dengan hidrokoloid atau surfaktan lain. Tinjauan ini menyoroti potensi protein nabati lokal (seperti dari lamtoro gung dan sorgum) sebagai alternatif berkelanjutan, meskipun sering memerlukan modifikasi kimia, enzimatis, atau fisik untuk meningkatkan fungsionalitasnya. Aplikasinya meliputi emulsi ganda, sistem enkapsulasi, produk daging analog, dan produk *bakery*, yang mendukung pengembangan pangan berlabel bersih (*clean label*) dan fungsional. Penelitian ke depan perlu difokuskan pada optimalisasi proses modifikasi protein nabati serta validasi stabilitas dan penerimaan konsumen dari formulasi inovatif berbasis protein.

Kata Kunci: protein fungsional, *emulsifier* alami, agen pembuih, modifikasi protein, protein nabati, sistem pangan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Protein sebagai salah satu biopolimer terpenting dalam sistem pangan, memainkan peran sentral yang melampaui nilai nutrisinya. Kemampuannya untuk membentuk, menstabilkan, dan memodifikasi struktur dalam matriks pangan menjadikannya komponen fungsional yang tidak tergantikan. Secara khusus, sifat amfifilik protein, yaitu adanya gugus hidrofilik dan hidrofobik dalam satu molekul memungkinkannya berperan ganda sebagai *emulsifier* alami dan agen pembentuk

buih (*foaming agent*). Dalam sistem emulsi, protein berfungsi menurunkan tegangan antarmuka minyak dan air, membentuk lapisan film pelindung yang mencegah koalesensi droplet, sehingga menstabilkan produk seperti mayones, saus, dan sosis (Pramono et al., 2018). Sementara itu, dalam sistem buih, protein beradsorpsi pada antarmuka udara dan air, menstabilkan gelembung udara yang penting untuk tekstur produk *bakery*, *dessert*, dan minuman berbasis susu (Narsimhan & Xiang, 2018).

Perkembangan industri pangan yang mengarah pada produk yang lebih sehat, berkelanjutan, dan berlabel bersih (*clean label*) telah mendorong eksplorasi dan optimalisasi sumber protein, baik hewani maupun nabati. Di satu sisi, protein konvensional seperti *whey*, kasein, dan telur telah lama dikenal memiliki kinerja fungsional yang unggul. Di sisi lain, tekanan terhadap keberlanjutan, isu etika, serta permintaan pasar akan produk berbasis nabati telah mengangkat potensi protein dari sumber tanaman lokal, seperti lamtoro gung, sorgum, dan kedelai sebagai alternatif yang menjanjikan (E. Wulandari et al., 2019). Namun, penerapannya sering kali terkendala oleh fungsionalitas yang terbatas, adanya antinutrisi, dan sensitivitas terhadap kondisi proses.

Tantangan ini memicu berkembangnya berbagai strategi modifikasi dan rekayasa protein untuk meningkatkan kinerjanya. Modifikasi kimia (misalnya suksinilasi), enzimatik (misalnya menggunakan transglutaminase), dan fisik (misalnya ultrasonikasi) telah terbukti mampu meningkatkan kelarutan, kapasitas emulsifikasi, stabilitas buih, dan sifat gelasi protein (Miftakhussolikah et al., 2016). Selain itu, pendekatan formulasi kombinasi dengan hidrokoloid, surfaktan lain, atau polisakarida termodifikasi menawarkan sinergi yang dapat menghasilkan sistem yang lebih stabil dan fungsional (Anwar et al., 2017).

Artikel ini bertujuan untuk menyajikan tinjauan komprehensif mengenai peran ganda protein sebagai *emulsifier* dan *foaming agent* dalam konteks industri pangan modern. Secara spesifik, tinjauan ini akan menganalisis mekanisme fungsionalitas protein pada antarmuka, mengidentifikasi faktor-faktor penentu kinerja,

mengeksplorasi aplikasi inovatif dan strategi modifikasi terkini, mengevaluasi aplikasi protein dalam sistem pangan kompleks, serta mendiskusikan strategi modifikasi untuk mengatasi keterbatasan protein nabati. Melalui sintesis temuan mutakhir, artikel ini diharapkan dapat menjadi referensi strategis bagi pengembangan produk pangan inovatif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi literatur (*literature study*) yang bersifat kualitatif dan eksploratif, bertujuan untuk mengkaji secara mendalam peran protein sebagai agen emulsifikasi dan pembentuk buih dalam sistem pangan. Kajian ini dilakukan dengan mengumpulkan, menganalisis, dan mensintesis temuan-temuan penelitian terdahulu dari berbagai sumber literatur primer dan sekunder. Pencarian literatur difokuskan pada artikel-artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam rentang tahun 2015 hingga 2025, dengan sumber utama dari *Google Scholar* dan didukung oleh basis data seperti *ScienceDirect*. Kata kunci yang digunakan meliputi "*protein emulsifier*", "*foaming agent*", "*emulsion stability*", "*interfacial properties*", dan padanannya dalam bahasa Indonesia. Tidak ada protokol penyaringan sistematis yang kaku, seleksi artikel dilakukan berdasarkan relevansi topik, kedalaman pembahasan mekanisme, dan cakupan aplikasi industri. Sebanyak 22 artikel yang dianggap paling representatif, yang terdiri dari jurnal nasional terakreditasi dan internasional bereputasi, menjadi bahan analisis utama.

Data dari setiap artikel diekstraksi dan dikelompokkan secara tematik untuk mengidentifikasi pola-pola utama, yang meliputi mekanisme dasar adsorpsi dan stabilisasi antarmuka oleh protein, faktor-faktor yang memengaruhi kinerja fungsional (seperti jenis protein, pH, suhu, konsentrasi, dan modifikasi kimia atau enzimatis), metode karakterisasi yang umum digunakan (seperti FTIR, SEM, analisis stabilitas emulsi dan buih), serta beragam aplikasi dalam industri pangan. Analisis dilakukan secara naratif-integratif, dengan membandingkan, mengontraskan, dan

mensintesis temuan dari berbagai studi untuk membangun pemahaman yang komprehensif dan kritis. Untuk meningkatkan keabsahan kajian, dilakukan triangulasi dengan membandingkan perspektif dari berbagai sumber. Hasil kajian kemudian disajikan dalam bentuk tinjauan naratif yang terstruktur, dilengkapi dengan tabel perbandingan dan diagram skematik, guna menjelaskan hubungan antara sifat molekuler protein, mekanisme fungsionalnya, dan potensi aplikasinya dalam pengembangan produk pangan inovatif.

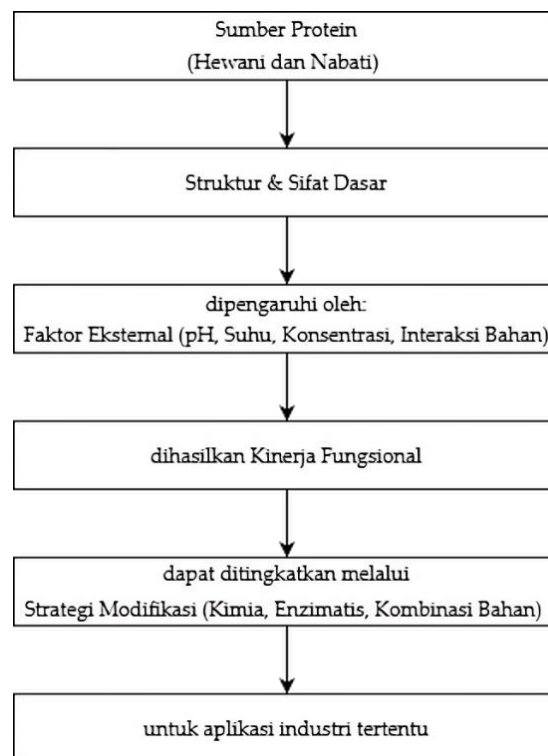
HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Fundamental Protein sebagai Agen Permukaan Aktif

Hasil analisis literatur mengungkapkan bahwa kemampuan ganda protein sebagai *emulsifier* dan *foaming agent* berasal dari sifat amfilik molekulernya. Struktur protein yang mengandung gugus hidrofilik dan hidrofobik memungkinkannya berorientasi pada antarmuka dua fase yang tidak bercampur, yaitu minyak-air untuk emulsi dan udara-air untuk buih. Pada antarmuka, protein menurunkan tegangan permukaan dengan beradsorpsi, membentuk lapisan film viskoelastis yang bertindak sebagai penghalang fisik terhadap koalesensi droplet minyak atau pengeringan (*drainage*) film buih (Narsimhan & Xiang, 2018). Proses ini melibatkan tiga tahap kunci, yaitu difusi molekul protein ke antarmuka, adsorpsi melalui interaksi hidrofobik, dan penataan ulang konformasi (*unfolding*) parsial untuk memaparkan lebih banyak gugus hidrofobik ke fase non-polar. Lapisan yang terbentuk memberikan stabilitas melalui dua mekanisme utama, yaitu sterik, dengan memberikan ketebalan fisik, dan elektrostatik, melalui tolakan muatan sejenis pada pH jauh dari titik isoelektrik (pI). Protein globular seperti β -lactoglobulin (*whey*) membentuk lapisan yang lebih tebal dan kohesif dibandingkan protein fleksibel seperti β -casein, yang beradsorpsi lebih cepat tetapi membentuk lapisan kurang elastis (Amagliani & Schmitt, 2017).

Faktor Penentu Kinerja Fungsional

Kinerja protein sangat dipengaruhi oleh faktor intrinsik (sumber) dan ekstrinsik (lingkungan proses). Sumber protein menentukan profil fungsional dasar, misalnya protein *whey* dan putih telur menunjukkan kapasitas buih dan emulsi yang tinggi karena profil asam amino dan struktur globularnya, sementara protein nabati seperti dari lamtoro gung atau sorgum memerlukan optimasi (Ario et al., 2015; Rosida et al., 2015). Kondisi pH merupakan faktor kritis. Kemampuan emulsifikasi dan *foaming* sering kali optimum pada pH yang jauh dari titik isoelektrik protein, di mana kelarutan dan tolakan elektrostatis maksimal. Sebaliknya, pada pH mendekati pI, agregasi protein mengurangi fungsionalitas, seperti yang teramati pada pemecahan emulsi santan menggunakan asam asetat (Edam et al., 2019).



Gambar 1. Interaksi faktor-faktor utama yang memengaruhi kinerja emulsifikasi dan *foaming* protein, serta strategi modifikasi untuk mengoptimalkannya.

Menurut penelitian Pramono et al. (2018), perlakuan termal dapat bersifat merusak atau menguntungkan. Pemanasan berlebih menyebabkan denaturasi irreversibel dan penurunan kelarutan, seperti yang terdeteksi melalui perubahan gugus amida pada FTIR pada emulsi ganda yang disimpan pada suhu 40°C. Namun, denaturasi terkontrol dapat meningkatkan hidrofobisitas permukaan dan

kemampuan beradsorpsi. Interaksi dengan komponen lain sering kali bersifat sinergis. Penambahan hidrokoloid seperti xanthan gum secara signifikan meningkatkan stabilitas buih dengan meningkatkan viskositas fase kontinu, seperti pada susu skim dan pengganti telur (*egg replacer*) (Johari et al., 2021). Kombinasi protein dengan surfaktan (misalnya lesitin) atau polisakarida termodifikasi (misalnya pati OSA) dapat membentuk lapisan komposit yang lebih kuat dan stabil di antarmuka (Anwar et al., 2017).

Tabel 1. Faktor yang Mempengaruhi Kinerja Emulsifikasi dan *Foaming* Protein

Faktor	Pengaruh pada Emulsifikasi	Pengaruh pada <i>Foaming</i>	Sumber Empiris
Sumber Protein	Protein <i>whey</i> & telur memiliki kapasitas tinggi; protein nabati bervariasi.	Protein <i>whey</i> & susu menghasilkan kapasitas busa > protein kedelai/sorgum.	(Al Awwaly et al., 2015; Ario et al., 2015)
pH	Optimal jauh dari pI untuk kelarutan & tolakan elektrostatis.	Sering optimal di sekitar pI untuk kohesivitas lapisan.	(Edam et al., 2019; Narsimhan & Xiang, 2018)
Hidrokoloid (<i>Xanthan Gum</i>)	Meningkatkan viskositas fase kontinu, mengurangi <i>creaming</i> .	Meningkatkan viskositas, menstabilkan film busa dari <i>drainage</i> .	(Johari et al., 2021; Kurniasari et al., 2022)
Modifikasi Kimia (Suksinilasi)	Meningkatkan muatan negatif & kelarutan, meningkatkan kapasitas emulsi.	Dapat meningkatkan hidrofilisitas dan kemampuan beradsorpsi.	(Miftakhussolikah et al., 2016)

Aplikasi Inovatif dalam Sistem Pangan Industri

Aplikasi protein dalam formulasi pangan modern melampaui peran tradisionalnya. Dalam produk daging olahan, konsentrat protein nabati seperti dari lamtoro gung tidak hanya berfungsi sebagai pengganti *emulsifier* konvensional tetapi juga meningkatkan nilai gizi. Penambahan 3% protein lamtoro gung pada sosis ayam menghasilkan stabilitas emulsi 91,55% dan *water-holding capacity* 32,59% (Rosida et al., 2015). Teknologi enkapsulasi memanfaatkan kemampuan emulsifikasi protein untuk melindungi bahan aktif. *Whey Protein Concentrate* (WPC) berhasil digunakan untuk

mengkapsulasi minyak cengkeh, meskipun efisiensi enkapsulasi masih relatif rendah (30%), menunjukkan perlunya optimasi lebih lanjut (Kurniasari et al., 2022). Sistem emulsi ganda (W/O/W) yang menggunakan gelatin dan isolat protein kedelai menawarkan strategi untuk mengurangi garam (NaCl) dalam produk tanpa mengorbankan persepsi rasa, meskipun stabilitasnya terhadap denaturasi selama penyimpanan perlu diperhatikan (Pramono et al., 2018). Di sisi lain, teknologi pengeringan seperti freeze drying dapat mempertahankan sifat pengemulsi tepung telur namun menurunkan daya dan stabilitas buihnya, mengindikasikan sensitivitas struktur protein pembentuk busa terhadap proses tersebut (Fitriyani et al., 2017).

Strategi Modifikasi untuk Meningkatkan Kinerja dan Nilai Tambah

Untuk mengatasi keterbatasan fungsional protein tertentu, terutama dari sumber nabati, berbagai strategi modifikasi telah berhasil diterapkan. Modifikasi kimia seperti suksinilasi pada protein biji jarak pagar secara signifikan meningkatkan kapasitas emulsinya, terutama pada pH netral, dengan cara meningkatkan muatan negatif dan kelarutan (Miftakhussolikah et al., 2016). Modifikasi enzimatik menggunakan *transglutaminase microbial* (mTG-ase) membentuk ikatan silang intra- dan intermolekular, yang meningkatkan kekuatan gel, *water-holding capacity*, dan stabilitas tekstur pada produk seperti bakso dan tahu (Mayashopha et al., 2015). Formulasi kombinasi yang sinergis, seperti antara pati termodifikasi OSA dan lesitin, menghasilkan emulsi dengan stabilitas 100% setelah 10 hari penyimpanan, menunjukkan bahwa pendekatan hibrida sering kali lebih efektif daripada mengandalkan satu komponen tunggal (Anwar et al., 2017). Selain itu, fortifikasi dengan mineral seperti selenium organik dapat meningkatkan stabilitas oksidatif dan sifat fungsional protein telur (Wulandari et al., 2022)

Tantangan dan Perspektif Ke Depan

Meskipun potensinya besar, beberapa tantangan utama masih menghambat pemanfaatan optimal protein, khususnya dari sumber nabati lokal. Tantangan tersebut meliputi efisiensi fungsional yang belum maksimal, seperti efisiensi

enkapsulasi yang rendah, sensitivitas terhadap proses (denaturasi termal, geseran), dan variabilitas sumber bahan baku. Ke depannya, penelitian perlu difokuskan pada optimasi proses seperti ultrasonikasi dan *high-pressure homogenization* untuk meningkatkan kinerja emulsifikasi protein nabati tanpa kerusakan berlebih, eksplorasi sumber protein baru dan berkelanjutan dari sereal lokal, kacang-kacangan, atau bahkan hasil samping industry, pengembangan sistem pembawa (*delivery systems*) yang lebih canggih seperti emulsi ganda atau partikel berbasis agregat protein untuk aplikasi nutrasetikal, serta pendekatan *clean label* dengan meminimalkan penggunaan bahan kimia sintetis melalui modifikasi enzimatik atau fisik. Dengan demikian, protein akan terus menjadi biopolimer kunci dalam merancang pangan masa depan yang tidak hanya aman dan bergizi, tetapi juga memiliki tekstur dan stabilitas yang unggul.

KESIMPULAN

Kajian literatur ini menyimpulkan bahwa protein, baik hewani maupun nabati, berfungsi sebagai agen emulsifikasi dan pembentuk buih yang efektif melalui mekanisme adsorpsi, orientasi amfifilik, dan pembentukan lapisan film viskoelastis di antarmuka. Kinerja fungsionalnya sangat ditentukan oleh faktor intrinsik seperti sumber dan struktur protein, serta faktor ekstrinsik termasuk pH, suhu, dan interaksi sinergis dengan komponen seperti hidrokoloid. Protein nabati lokal seperti dari lamtoro gung dan sorgum telah terbukti berpotensi sebagai alternatif berkelanjutan, meskipun sering memerlukan modifikasi atau optimasi formulasi untuk mencapai performa optimal. Secara praktis, integrasi protein-protein ini ke dalam berbagai sistem pangan mulai dari emulsi ganda dan enkapsulasi hingga produk daging dan *bakery* telah menunjukkan hasil yang menjanjikan untuk pengembangan pangan fungsional dan *clean label*. Berdasarkan temuan ini, penelitian lanjutan sangat disarankan untuk fokus pada optimasi proses modifikasi protein nabati, eksplorasi kombinasi dengan bahan penstabil alami lainnya, serta validasi stabilitas dan

penerimaan konsumen dari produk-produk inovatif tersebut dalam skala prakomersial.

REFERENSI

- Al Awwaly, K. U., Triatmojo, S., Artama, W. T., & Erwanto, Y. (2015). Komposisi Kimia dan Beberapa Sifat Fungsional Protein Paru Sapi yang Diekstraksi dengan Metode Alkali. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 10(2), 54–62.
- Amagliani, L., & Schmitt, C. (2017). Globular Plant Protein Aggregates for Stabilization of Food Foams and Emulsions. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 248–259. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.013>
- Anwar, S. H., Antasari, M., Hasni, D., Safriani, N., Rohaya, S., & Winarti, D. C. (2017). Kombinasi Pati Sukun Termodifikasi OSA (Octenyl Succinic Anhydride) dan Lesitin sebagai Penstabil Emulsi Minyak dalam Air. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 14(3), 124–133.
- Ario, J., Julianti, E., & Yusraini, E. (2015). Karakteristik Egg Replacer dari Isolat Protein Kedelai, Isolat Protein Susu, Pati Jagung, Pati Kentang, Guar Gum, dan Xanthan Gum. *J.Rekayasa Pangan Dan Pert*, 3(4), 424–433.
- Edam, M., Kumolontang, N., & Mandei, J. (2019). Metode Pemecahan Emulsi Krim Santan untuk Produksi Konsentrat Protein Blondo. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(2), 173–181.
- Fitriyani, N., Hitono, A., & Pramono, Y. B. (2017). Sifat fungsional Whole Egg Hasil Freeze Drying dengan Umur Telur yang Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3), 1–4. <https://doi.org/10.17728/jatp.205>
- Johari, A., Sugiyono, S., & Adawiyah, D. R. (2021). Peningkatan daya buih susu skim sebagian rekombinasi dengan penggunaan penstabil. *Jurnal Litbang Industri*, 11(2), 79. <https://doi.org/10.24960/jli.v11i2.6745.79-89>
- Kurniasari, L., Hidayah, N. F., & Nafisawati, K. M. (2022). Enkapsulasi Minyak Cengkeh dengan Bahan Dinding *Whey Protein Concentrate* (WPC) melalui

- Teknik Emulsifikasi. *Jurnal Integrasi Proses*, 11(1), 26–31.
<http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>
- Mayashopha, A. Y., Herfianita, F., & Sutrisno, A. (2015). Aplikasi Enzim Transglutaminase pada Produk Pangan: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(3), 1145–1151.
- Miftakhussolikah, Hidayat, C., & Hastuti, P. (2016). Hubungan antara Lama Reaksi Suksinilasi dengan Sifat Fungsional Isolat Protein Bungkil Biji Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(3), 64–70.
<https://doi.org/10.17728/jatp.174>
- Narsimhan, G., & Xiang, N. (2018). Role of Proteins on Formation, Drainage, and Stability of Liquid Food Foams. *Annual Review of Food Science and Technology Annu. Rev. Food Sci. Technol*, 9, 45–63. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030216>
- Pramono, Y. B., Nawangsasi, I. R., Hintono, A., & Paramita, V. (2018). Studi Kerusakan Protein dalam Emulsi Ganda Air-dalam-Minyak-dalam-Air Natrium Klorida Menggunakan Instrumen Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 7(1), 37–42. <https://doi.org/10.17728/jatp.2130>
- Rosida, D. F., Sarofa, U., & Dewi, R. C. (2015). Karakteristik Fisiko Kimia Sosis Ayam dengan Penggunaan Konsentrat Protein Biji Lamtoro Gung (*Leucaena leucocephala*) sebagai *Emulsifier*. *J. REKAPANGAN*, 9(1), 19–27.
- Wulandari, E., Sihombing, F. S. P., Sukarminah, E., & Sunyoto, M. (2019). Karakterisasi Sifat Fungsional Isolat Protein Biji Sorgum Merah (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) Varietas Lokal Bandung. *Chimica et Natura Acta*, 7(1), 14.
<https://doi.org/10.24198/cna.v7.n1.19683>
- Wulandari, Z., & Arief, I. I. (2022). Review: Tepung Telur Ayam: Nilai Gizi, Sifat Fungsional dan Manfaat. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*, 10(2), 62–68. <https://doi.org/10.29244/jipthp.10.2.62-68>