e-ISSN 3062-8849
The 4th National Conference on Innovative Agriculture 2025
Jember, 26 - 27 September 2026

Jurusan Teknologi Pertanian
Politeknik Negeri Jember
doi: 10.25047/nacia.v4i1.677

Potensi Prebiotik Komponen Legum: Bukti Terkini, Modulasi Mikrobiota Usus, dan Implikasinya bagi Pangan Fungsional

Prebiotic Potential of Legumes Components: Current Evidence, Gut Microbiota Modulation, and Implications for Functional Foods

M. Farras Abiyyuddin[1]*, Fathika Fitrania[1], Irawati Nur Indah Sari[1], Aulia Islamiati Yusuf[2]

[1]Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember
[2]Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

*Email Koresponden: abiy@unej.ac.id

Received : 11 September 2026 | Accepted : 25 September 2026 | Published : 30 Oktober 2026

Kata Kunci

legum; mikrobiota usus; oligosakarida; pangan fungsional; prebiotik.

ABSTRAK

Legum merupakan kelompok pangan nabati yang mengandung berbagai komponen potensial prebiotik dan berpeluang dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional. Artikel ini bertujuan untuk meninjau bukti terkini mengenai potensi prebiotik komponen legum, perannya dalam modulasi mikrobiota usus, serta implikasinya bagi pengembangan pangan fungsional. Kajian disusun menggunakan pendekatan *narrative literature review* melalui penelusuran artikel penelitian pada beberapa basis data ilmiah, termasuk *Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed,* dan *Google Scholar,* yang dipublikasikan pada periode 2017-2026. Hasil kajian menunjukkan bahwa *raffinose family oligosaccharides* (RFO), pati resisten, dan fraksi serat merupakan komponen legum yang berpotensi mencapai kolon dan difermentasi oleh mikrobiota. Pemanfaatan komponen tersebut dapat memengaruhi komposisi dan aktivitas metabolik mikrobiota melalui interaksi antarmikroba serta menghasilkan metabolit seperti asam lemak rantai pendek. Respons mikrobiota yang dipengaruhi oleh karakteristik dan struktur substrat, jenis legum, proses pengolahan, serta kondisi mikrobiota awal. Potensi tersebut dapat dimanfaatkan dalam pengembangan pangan fungsional melalui pemanfaatan legum sebagai matriks alami, optimasi komponen tertentu, serta pengembangan produk fermentasi atau sinbiotik. Penelitian intervensi pada manusia diperlukan untuk mengonfirmasi pemanfaatan komponen secara selektif oleh mikrobiota dan keterkaitannya dengan manfaat kesehatan.

Keywords

legumes; gut microbiota; oligosaccharides; functional food; prebiotics.

ABSTRACT

Legumes are a group of plant-based foods containing various components with potential prebiotic properties and offering opportunities for development as functional food ingredients. This article aims to review current evidence on the prebiotic potential of legume components, their roles in gut microbiota modulation, and their implications for functional food development. A narrative literature review was conducted by searching research articles across several scientific databases, including Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed, and Google Scholar, covering publications from 2017 to 2026. The review indicates that raffinose family oligosaccharides (RFOs), resistant starch, and dietary fiber fractions are legume components that may reach the colon and be fermented by the gut microbiota. Utilization of these components may influence microbial composition and metabolic activity through microbial interactions and the production of metabolites, such as short chain fatty acids. Microbiota responses are influenced by substrate characteristics and structure, legume type, processing conditions, and the initial gut microbiota profile. These potentials can be harnessed in functional food development through the use of legumes as natural food matrices, optimization of specific components, and the development of fermented or synbiotic products. Human intervention studies are needed to confirm the selective utilization of these components by the gut microbiota and their association with health benefits.

1. PENDAHULUAN

Perubahan pola konsumsi masyarakat telah mendorong meningkatnya minat terhadap pangan yang tidak hanya memenuhi kebutuhan gizi dasar, tetapi juga memberikan manfaat fisiologis tambahan. Kondisi tersebut menjadikan pangan fungsional sebagai salah satu area pengembangan yang semakin penting dalam ilmu dan industri pangan. Berbagai komponen bioaktif, termasuk serat pangan, polifenol, probiotik, dan prebiotik, menjadi perhatian karena potensinya dalam mendukung kesehatan dan menurunkan risiko berbagai gangguan metabolik. Prebiotik memiliki posisi yang strategis karena dapat berinteraksi dengan mikroorganisme usus dan menghasilkan efek kesehatan melalui modulasi fungsi mikrobiota (Obayomi et al., 2024). Pengembangan sumber prebiotik alami merupakan salah satu pendekatan yang relevan dalam inovasi pangan fungsional saat ini.

Prebiotik tidak hanya didefinisikan berdasarkan kemampuan suatu komponen untuk mencapai saluran pencernaan bagian bawah atau mengalami fermentasi oleh mikrobiota usus. Prebiotik secara umum merujuk pada substrat yang dimanfaatkan dengan selektif oleh mikroorganisme inang dan memberikan manfaat kesehatan. Kemampuan suatu komponen untuk difermentasi dan menghasilkan metabolit, termasuk asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acids*/SCFA), belum cukup untuk menetapkannya sebagai prebiotik. Bukti mengenai pemanfaatan secara selektif oleh mikroorganisme tertentu dan keterkaitannya dengan manfaat kesehatan menjadi aspek penting dalam penilaian sifat prebiotik. Seiring berkembangnya penelitian, cakupan senyawa yang berpotensi memenuhi kriteria prebiotik juga semakin luas, tidak terbatas pada fruktan dan galaktooligosakarida, tetapi mencakup berbagai oligosakarida, pati resisten, dan komponen pangan lainnya (Yoo et al., 2024). Oleh karena itu,

identifikasi sumber prebiotik dari bahan pangan alami perlu juga mempertimbangkan kekuatan bukti yang mendukung pemanfaatan selektif dan manfaat kesehatan, tidak hanya keberadaan komponen yang dapat difermentasi.

Legum merupakan salah satu kelompok pangan nabati yang kaya akan komponen yang berpotensi menjadi substrat bagi mikrobiota usus. Komponen tersebut meliputi serat pangan, pati resisten, *raffinose family oligosaccharides* (RFO), serta berbagai polisakarida yang sebagian dapat mencapai kolon dan mengalami fermentasi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa konsumsi *pulses* atau produk turunannya dapat memengaruhi komposisi mikrobiota dan meningkatkan pembentukan metabolit hasil fermentasi (Kadyan et al., 2022). Pati resisten dan oligosakarida dari kacang-kacangan dilaporkan dapat difermentasi oleh mikroorganisme usus dan berkontribusi terhada produksi SCFA. Namun, kemampuan untuk difermentasi tidak secara otomatis menunjukkan bahwa suatu komponen memenuhi kriteria sebagai prebiotik. Karakteristik komponen pada legum dapat bergantung pada spesies, varietas, struktur bahan, dan proses pengolahan yang diterapkan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa potensi prebiotik legum perlu ditinjau tidak hanya berdasarkan keberadaan komponen yang dapat difermentasi, tetapi juga berdasarkan bukti mengenai mikroorganisme yang memanfaatkan komponen secara selektif, perubahan komposisi, atau aktivitas mikrobiota yang dihasilkan, serta keterkaitannya dengan manfaat kesehatan.

Mikrobiota usus merupakan komunitas mikroorganisme yang berperan dalam berbagai fungsi fisiologis, termasuk metabolisme komponen pangan, perlindungan terhadap kolonisasi patogen, serta regulasi respons imun. Gangguan terhadap komposisi dan fungsi mikrobiota atau *dysbiosis* telah dikaitkan dengan berbagai permasalahan kesehatan (Li & O'Toole, 2024), sehingga pendekatan melalui modulasi mikrobiota menjadi salah satu strategi penting dalam pengembangan intervensi berbasis pangan. Prebiotik dapat memengaruhi mikrobiota melalui penyediaan substrat yang dimanfaatkan secara selektif oleh mikroorganisme tertentu, sehingga berpotensi mengubah komposisi komunitas mikroba dan aktivitas metaboliknya. Proses tersebut dapat menghasilkan SCFA, seperti asetat, propionat, dan butirat, yang memiliki peran penting dalam kesehatan kolon dan homeostatis metabolik (Hays et al., 2024). Bukti mengenai komponen prebiotik legum yang memenuhi kriteria prebiotik masih tersebar pada berbagai jenis legum, komponen, mikroorganisme target, dan pendekatan penelitian. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya kajian yang mengintegrasikan jenis komponen prebiotik dari legum dengan perannya dalam modulasi mikrobiota serta implikasinya terhadap pangan fungsional.

Artikel ini bertujuan untuk meninjau bukti terkini mengenai berbagai komponen yang berpotensi bersifat prebiotik dalam legum, serta mengevaluasi bukti mengenai pemanfaatan komponen tersebut oleh mikroorganisme usus dan dampaknya terhadap mikrobiota serta metabolit yang dihasilkan. Artikel ini membahas implikasi pemanfaatan komponen tersebut dalam pengembangan pangan fungsional berbasis legum sebagai salah satu strategi untuk mendukung kesehatan melalui modulasi mikrobiota. Kajian ini diharapkan dapat memberikan perspektif yang terintegrasi mengenai potensi legum sebagai sumber prebiotik alami dan implikasinya terhadap pengembangan pangan fungsional.

2. METODE

Artikel ini disusun menggunakan pendekatan *narrative literature review*. Penelusuran literatur dilakukan pada beberapa basis data ilmiah, yaitu *Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed,* dan *Google Scholar.* Kombinasi kata kunci yang digunakan antara lain *legume, pulse, soybean, chickpea, lentil, prebiotic, oligosaccharide, raffinose family oligosaccharides, dietary fiber, resistant starch, gut microbiota, short chain fatty acids,* dan *functional food,* dengan memanfaatkan operator Boolean (*AND* dan *OR*) untuk memperoleh literatur yang relevan. Literatur yang digunakan dalam kajian ini merupakan artikel penelitian asli (*original research*)

dan artikel ulasan (*review article*) yang dipublikasikan selama periode 2017-2026, tersedia dalam teks lengkap (*full text*), serta membahas komponen legum yang berpotensi memiliki aktivitas prebiotik, interaksinya dengan mikrobiota usus, maupun pemanfaatannya dalam pengembangan pangan fungsional. Artikel yang tidak relevan dengan fokus kajian, tidak tersedia dalam bentuk teks lengkap, atau berupa editorial, prosiding, maupun surat kepada editor tidak disertakan dalam kajian.

Literatur yang relevan dengan tujuan kajian dianalisis secara deskriptif melalui proses sintesis tematik. Sintesis literatur disusun ke dalam empat fokus pembahasan, yaitu (1) komponen legum dengan potensi prebiotik, (2) mekanisme dan peran komponen legum dengan potensi prebiotik dalam modulasi mikrobiota usus, (3) implikasi komponen legum dengan potensi prebiotik terhadap pengembangan pangan fungsional, serta (4) arah dan tantangan pengembangan di masa depan. Pendekatan ini digunakan untuk memberikan gambaran terintegrasi mengenai perkembangan penelitian terkait komponen legum, yang berpotensi memiliki aktivitas prebiotik, bukti pemanfaatan oleh mikrobiota usus, serta peluang pemanfaatannya dalam pengembangan pangan fungsional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komponen Legum dengan Potensi Prebiotik

Legum merupakan sumber pangan yang kaya akan karbohidrat kompleks dan mengandung berbagai komponen yang berpotensi menjadi substrat bagi mikrobiota usus (Kadyan et al., 2022). Beberapa komponen yang banyak dikaji dalam kaitannya dengan potensi aktivitas prebiotik adalah *raffinose family oligosaccharides* (RFO), pati resisten (*resistant starch/*RS), dan serat pangan. Komponen tersebut memiliki karakteristik yang memungkinkan sebagian fraksi tidak tercerna secara sempurna di saluran pencernaan bagian atas dan mencapai kolon untuk difermentasi oleh mikrobiota. Namun, kemampuan suatu komponen untuk mencapai kolon dan difermentasi tidak dengan sendirinya menunjukkan bahwa komponen tersebut memenuhi kriteria sebagai prebiotik. Potensi masing-masing komponen serta contoh legum yang menjadi sumbernya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen legum dengan potensi prebiotik pada berbagai jenis dan bukti interaksinya dengan mikrobiota usus

Legum	Komponen yang dikaji	Bukti utama	Referensi
Kedelai (*Glycine max*)	RFO (*raffinose, stachyose*), oligosakarida	Oligosakarida kedelai dapat dimanfaatkan mikrobiota kolon, meningkatkan produksi SCFA, dan memengaruhi komposisi mikrobiota	(Wang et al., 2022)
Kacang arab (*Cicer arietinum*)	RFO (*raffinose, stachyose, verbascose*)	RFO *chickpea* mendukung pertumbuhan bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus casei,* sehingga menunjukkan potensi interaksi dengan mikroorganisme yang menguntungkan	(Pandae et al., 2024)
Lentil (*Lens culinaris*)	RS, serat pangan, RFO	RS lentil memengaruhi komposisi mikrobiota dan produksi SCFA selama fermentasi kolon *in vitro*; respons bergantung pada karakteristik struktur RS	(Zhao et al., 2024)
Kacang polong (*Pisum sativum*)	RS, serat pangan, RFO	RS *pea* meningkatkan produksi butirat, propionat, dan total SCFA serta memengaruhi pertumbuhan bakteri tertentu selama fermentasi fekal *in vitro*	(Zhou et al., 2021)

Kacang merah (*Phaseolus vulgaris*)	RS, serat pangan, RFO	Polisakarida kacang merah meningkatkan kelimpahan *Bifidobacterium* dan *Bacteroides* serta produksi SCFA selama fermentasi *ex vivo* menggunakan mikrobiota lansia	(Kong et al., 2026)
Kacang hijau (*Vigna radiata*)	RFO	RFO kacang hijau mendukung pertumbuhan bakteri probiotik dan telah dievaluasi melalui pendekatan *in vitro* dan *in vivo,* menunjukkan potensi aktivitas prebiotik	(Sudhakaran et al., 2025)

RFO merupakan salah satu kelompok karbohidrat yang khas pada legum. Kelompok ini terutama terdiri atas *raffinose, stachyose,* dan *verbascose,* yang secara alami terakumulasi pada biji berbagai spesies legum. RFO relatif tidak tercerna di saluran pencernaan bagian atas karena manusia memiliki keterbatasan dalam mencerna ikatan α-galaktosidik, sehingga sebagian komponen tersebut dapat mencapai kolon dan dimanfaatkan oleh mikrobiota (Elango et al., 2022). Karakteristik tersebut mendukung fermentabilitas RFO oleh mikrobiota usus dan menjadi dasar untuk mengkaji potensi aktivitas prebiotiknya. Fermentasi RFO tidak selalu menunjukkan bahwa komponen tersebut memenuhi seluruh kriteria prebiotik. Bukti mengenai mikroorganisme yang memanfaatkan RFO, perubahan komunitas mikroba yang dihasilkan, serta keterkaitannya dengan manfaat kesehatan perlu dipertimbangkan untuk memberikan penilaian yang lebih kuat terhadap aktivitas prebiotik RFO. Konsumsi RFO dalam jumlah tinggi juga dapat menyebabkan pembentukan gas sebagai konsekuensi fermentasi di kolon, sehingga aspek tolerabilitas perlu dipertimbangkan dalam pemanfaatannya sebagai komponen pangan.

Komponen penting lainnya yang banyak dikaji terkait potensi prebiotik legum adalah RS. RS merupakan fraksi pati yang relatif resisten terhadap pencernaan di usus halus sehingga sebagian dapat mencapai kolon dan difermentasi oleh mikrobiota. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa karakteristik struktur RS dapat memengaruhi tingkat pemanfaatannya oleh mikrobiota dan profil metabolit yang dihasilkan, termasuk SCFA (Li et al., 2024)**.** RS yang berasal dari berbagai jenis lentil memiliki perbedaan struktur yang menghasilkan pola kolonisasi mikroba dan produksi SCFA yang berbeda selama fermentasi *in vitro* (Zhao et al., 2024)**.** Temuan tersebut menunjukkan bahwa struktur dan karakteristik RS dapat menentukan interaksinya dengan mikrobiota. Perubahan profil mikrobiota dan produksi SCFA selama fermentasi belum cukup untuk menetapkan RS sebagai prebiotik. Bukti mengenai pemanfaatan RS oleh kelompok mikroorganisme tertentu dan keterkaitannya dengan manfaat kesehatan diperlukan untuk memperkuat penilaian terhadap potensi prebiotiknya.

Serat pangan juga berperan sebagai substrat yang dapat difermentasi oleh mikrobiota, terutama fraksi serat yang tidak tercerna dan mencapai kolon. Namun, tidak seluruh serat pangan dapat dikategorikan sebagai prebiotik karena aktivitas prebiotik memerlukan pemanfaatan yang selektif oleh mikroorganisme serta keterkaitan dengan manfaat kesehatan. Oleh karena itu, serat pangan dalam legum lebih tepat dipandang sebagai kelompok komponen yang memiliki potensi aktivitas prebiotik, dengan tingkat bukti yang dapat berbeda bergantung pada jenis, struktur, dan karakteristik fermentabilitasnya. Penilaian terhadap serat pangan perlu mempertimbangkan kemampuan menghasilkan SCFA, mikroorganisme yang memanfaatkannya dan respons biologis yang dihasilkan.

Secara keseluruhan, legum menyediakan berbagai substrat yang berpotensi memengaruhi mikrobiota usus, dengan RFO dan RS sebagai komponen yang banyak dikaji dalam konteks aktivitas prebiotik. Namun, bukti yang tersedia menunjukkan perbedaan untuk masing-masing komponen, mulai dari fermentabilitas dan perubahan produksi metabolit hingga modulasi

mikrobiota dan manfaat kesehatan. Potensi tersebut tidak hanya ditentukan oleh jumlah komponen dalam bahan, tetapi juga oleh struktur kimia, matriks pangan, serta pengaruh proses pengolahan (Wang et al., 2024). Karakteristik tersebut selanjutnya menentukan kemampuan komponen untuk mencapai kolon, dimanfaatkan oleh mikrobiota, dan menghasilkan metabolit fermentasi. Oleh karena itu, penilaian potensi prebiotik komponen legum perlu mempertimbangkan keseluruhan rangkaian bukti tesebut, bukan hanya kemampuan komponen untuk difermentasi.

3.2 Mekanisme dan Peran Komponen Legum dengan Potensi Prebiotik dalam Modulasi Mikrobiota Usus

Komponen legum dengan potensi prebiotik dapat memengaruhi mikrobiota usus melalui kemampuannya untuk bertahan dari proses pencernaan di saluran gastrointestinal bagian atas dan mencapai kolon. RFO, terutama *raffinose, stachyose,* dan *verbascose,* relatif tidak tercerna karena manusia memiliki keterbatasan dalam menghidrolisis ikatan α-galaktosidik pada senyawa tersebut. Adapun pati resisten merupakan fraksi pati yang tidak tercerna secara sempurna di usus halus sehingga dapat mencapai kolon dan dimanfaatkan oleh mikrobiota (Elango et al., 2022). Karakteristik tersebut memungkinkan komponen tersebut menjadi substrat bagi proses fermentasi mikroba dan berpotensi memengaruhi komposisi serta aktivitas metabolik mikrobiota. Tingkat pemanfaatan substrat dipengaruhi oleh karakteristik dan struktur komponen yang tersedia bagi mikroorganisme (Wen et al., 2022). Namun, kemampuan mencapai kolon dan difermentasi perlu dibedakan dari bukti aktivitas prebiotik, karena fermentabilitas saja belum cukup untuk menunjukkan pemanfaatan secara selektif dan manfaat kesehatan.

Proses fermentasi karbohidrat di kolon tidak selalu dilakukan oleh satu kelompok mikroorganisme, tetapi dapat melibatkan interaksi antarmikroorganisme melalui mekanisme *cross feeding* (Culp & Goodman, 2023 . Produk degradasi atau metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme tertentu dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme lain. Sebagai contoh, pada fermentasi RS, bakteri seperti *Bifidobacterium adolescentis* dan *Ruminococcus bromii* mampu mendegradasi pati, tetapi tidak selalu menghasilkan butirat secara langsung. Produk degradasi, seperti oligosakarida, asetat, dan laktat, dapat dimanfaatkan oleh bakteri penghasil butirat sehingga terbentuk jaringan metabolik antarmikroorganisme dalam ekosistem kolon (Teichmann & Cockburn, 2021). Mekanisme tersebut menunjukkan bahwa respons terhadap komponen legum dapat melibatkan interaksi fungsional antarspesies, sehingga perubahan mikrobiota tidak selalu merupakan akibat langsung dari pemanfaatan susbtrat oleh satu kelompok bakteri.

Salah satu kelompok metabolit utama yang dihasilkan melalui fermentasi tersebut adalah asam lemak rantai pendek (*short chain fatty acids*/SCFA), terutama asetat, propionat, dan butirat. SCFA berperan sebagai salah satu penghubung antara aktivitas mikrobiota dan respons fisiologis inang, termasuk pemeliharaan fungsi *intestinal barrier,* serta regulasi respon imun dan metabolik (Mann et al., 2024). Oleh karena itu, pengaruh komponen legum dengan potensi prebiotik tidak hanya dapat diamati dari perubahan kelimpahan kelompok bakteri tertentu, tetapi juga dari perubahan aktivitas metabolik dan produk fermentasi yang dihasilkan. Salah satu contoh adalah RS yang diketahui dapat memengaruhi komposisi mikrobiota dan meningkatkan pembentukan SCFA pada model fermentasi, tetapi besarnya respons bergantung pada karakteristik struktural RS yang difermentasi (Wen et al., 2022). Hal ini memberikan bukti mekanistik mengenai feermentabilitas dan respons mikrobiota, tetapi belum cukup membuktikan adanya manfaat kesehatan pada manusia.

Bukti penelitian menunjukkan bahwa karakteristik komponen legum berhubungan dengan pola respons mikrobiota. Penelitian menggunakan model tikus yang dikolonisasi mikrobiota manusia menunjukkan bahwa RS yang berasal dari *pinto bean, black-eyed pea, lentil*, dan *chickpea* menghasilkan perubahan komunitas mikrobiota yang berbeda. Beberapa perlakuan RS juga berasosiasi dengan perubahan bakteri yang berkaitan dengan produksi butirat serta perbaikan parameter permeabilitas dan inflamasi usus. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sumber dan karakteristik RS dapat memengaruhi respons mikrobiota serta fungsi intestinal (Kadyan et al., 2022). Hasil tersebut mendukung mekanisme biologis yang mendasari potensi aktivitas prebiotik RS legum, tetapi belum dapat diposisikan sebagai bukti langsung mengenai efek prebiotik atau manfaat kesehatan pada manusia.

Perbedaan struktur substrat juga dapat menghasilkan respons fermentasi yang berbeda. Penelitian terhadap RS lentil menunjukkan bahwa RS dengan karakteristik struktural berbeda menghasilkan pola perubahan mikrobiota yang berbeda selama fermentasi kolon *in vitro.* Fermentasi salah satu jenis RS lebih banyak memperkaya *Ruminococcus,* sedangkan jenis lainnya mendorong pertumbuhan awal *Bifidobacterium.* Perbedaan tersebut juga diikuti oleh variasi produksi SCFA, sehingga karakteristik struktural RS dapat memengaruhi aksesibilitas dan pemanfaatannya oleh mikrobiota (Zhao et al., 2024). Hasil ini memperkuat bukti bahwa struktur substrat merupakan salah satu faktor yang menentukan respons mikrobiota, tetapi karena diperoleh melalui sistem *in vitro,* temuan tersebut lebih tepat dipandang sebagai bukti mekanistik dan potensi modulasi mikrobiota yang masih memerlukan validasi pada kondisi fisiologis manusia.

RFO juga menunjukkan kemampuan untuk memodulasi aktivitas mikrobiota. RFO yang diekstrasi dari *chickpea,* mengandung *raffinose, stachyose,* dan *verbascose* sebagai komponen utama serta menunjukkan potensi dalam mendukung pertumbuhan bakteri probiotik pada pengujian *in vitro.* Temuan tersebut mendukung potensi RFO legum sebagai substrat fermentabel yang dapat berinteraksi dengan mikroorganisme tertentu, meskipun bukti dari sistem *in vitro* masih perlu dikonfirmasi melalui penelitian pada manusia (Pandae et al., 2024). Bukti dari sitem *in vitro* perlu dilengkapi dengan penelitian yang mengevaluasi respons mikrobiota dalam kondisi fisiologis serta dampaknya terhadap parameter kesehatan pada manusia.

Respons mikrobiota terhadap konsumsi legum pada manusia juga tidak bersifat seragam**.** Studi pada manusia menunjukkan hasil yang heterogen, dengan sebagian penelitian menemukan perubahan keragaman atau peningkatan kelompok bakteri tertentu, sementara penelitian lainnya tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Respon tersebut dapat berbeda berdasarkan jenis legum, karakteristik komponen yang dikonsumsi, pola konsumsi, serta kondisi inang (Özdemir & Buyuktuncer 2025). Heterogenitas tersebut menunjukkan bahwa efek komponen legum terhadap mikrobiota tidak dapat digeneralisasi sebagai respons universal terhadap seluruh jenis legum.

Secara keseluruhan, bukti yang tersedia menunjukkan bahwa RFO dan RS dari legum memiliki karakteristik yang memungkinkan keduanya difermentasi oleh mikrobiota dan memengaruhi komposisi maupun produksi metabolit seperti SCFA. Bukti *in vitro* dan model hewan memberikan dasar mekanistik yang mendukung potensi aktivitas prebiotik, termasuk melalui pemanfaatan substrat oleh mikroorganisme, interaksi *cross feeding,* dan perubahan metabolisme mikrobiota. Namun, kekuatan bukti tersebut masih bervariasi dan tidak dapat secara langsung diekstrapolasi sebagai bukti manfaat prebiotik pada manusia. Oleh karena itu, diperlukan penelitian pada manusia untuk mengonfirmasi pemanfaatan komponen secara selektif, konsistensi perubahan mikrobiota atau aktivitas metaboliknya, serta keterkaitannya dengan manfaat kesehatan. Hal ini menunjukkan bahwa komponen legum lebih tepat

diposisikan sebagai komponen dengan potensi prebiotik berdasarkan bukti mekanistik dan hasil model, sampai tersedia bukti klinis yang lebih kuat pada manusia.

3.3 Implikasi Komponen Legum dengan Potensi Prebiotik terhadap Pengembangan Pangan Fungsional

Keberadaan RFO, pati resisten, dan fraksi serat fermentabel memberikan peluang bagi legum untuk dikembangkan sebagai bahan pangan fungsional melalui strategi pengolahan dan formulasi yang dapat mempertahankan atau mengoptimalkan karakteristik komponen tersebut. Salah satu strategi yang dapat diterapkan adalah optimasi proses pengolahan untuk mempertahankan atau meningkatkan pati resisten dan fraksi karbohidrat fermentabel. Perlakuan seperti pemanasan dan pendinginan dapat memengaruhi struktur pati dan pembentukan pati resisten, sedangkan kondisi pengolahan tertentu dapat meningkatkan kecernaan pati dan menurunkan fraksi yang berpotensi mencapai kolon (Obadi & Xu, 2024). Upaya untuk mempertahankan atau meningkatkan fraksi pati resisten dapat meningkatkan jumlah substrat yang berpotensi mencapai kolon dan dimanfaatkan oleh mikrobiota. Namun, karakteristik struktur pati juga perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi kelompok mikroorganisme yang dihasilkan. Oleh karena itu, optimasi pengolahan berpotensi mempertahankan karakteristik substrat yang mendukung interaksi mikrobiota, meskipun peningkatan kadar pati resisten belum secara langsung membuktikan peningkatan fungsi prebiotik pada manusia.

Strategi kedua adalah fermentasi legum untuk menghasilkan produk yang mengombinasikan komponen substrat dengan mikroorganisme yang digunakan dalam proses. Legum dan produk turunannya dapat menyediakan matriks yang mengandung RFO dan fraksi karbohidrat fermentabel, sedangkan mikroorganisme yang ditambahkan selama fermentasi dapat memanfaatkan sebagian substrat tersebut sekaligus memodifikasi karakteristik nutrisi dan fungsional produk. Penelitian Chaturvedi & Chakraborty (2022) menunjukkan bahwa minuman sinbiotik berbasis kacang hijau dan kacang merah dapat difermentasi menggunakan *Lactobacillus casei* dengan kondisi fermentasi yang dioptimalkan untuk memperoleh viabilitas mikroorganisme dan karakteristik produk yang diinginkan. Fermentasi pada kondisi optimum juga dilaporkan meningkatkan aktivitas proteolitik dan antibakteri serta menurunkan beberapa faktor antinutrisi. Strategi ini memungkinkan komponen legum berinteraksi dengan mikroorganisme selama proses maupun setelah konsumsi. Namun, keberadaan substrat fermentabel dan viabilitas mikroorganisme belum cukup membuktikan efek sinbiotik atau manfaat kesehatan pada manusia. Efektivitas pendekatan ini tetap bergantung pada kesesuaian antara substrat dan strain mikroorganisme yang digunakan.

Strategi ketiga adalah pengayaan produk dengan fraksi komponen legum yang lebih terarah, terutama RFO atau pati resisten. Pendekatan ini memungkinkan jumlah dan karakteristik komponen yang digunakan dikendalikan lebih baik dibandingkan pemanfaatan legum secara utuh. Pengayaan dengan fraksi tertentu dapat diarahkan untuk meningkatkan ketersediaan substrat yang berpotensi dimanfaatkan oleh mikrobiota di kolon, sementara karakteristik struktur dan stabilitas komponen selama pengolahan perlu dipertahankan. Pemilihan komponen substrat dalam pengembangan produk yang juga mengandung probiotik perlu disesuaikan dengan karakteristik mikroorganisme. Hal ini dikarenakan intervensi antara substrat dan strain dapat memengaruhi pertumbuhan dan viabilitas mikroorganisme. Teknologi perlindungan atau enkapsulasi juga dapat digunakan untuk mempertahankan viabilitas mikroorganisme selama penyimpanan dan membantu penghantarannya hingga lokasi target (Chauhan & Sharma, 2023). Oleh karena itu, pengayaan RFO atau pati resisten dapat menjadi pendekatan untuk menghasilkan fungsi yang lebih terukur, tetapi bukti mengenai efek prebiotik

tetap memerlukan evaluasi pemanfaatan substrat, respons mikrobiota, dan keterkaitannya dengan manfaat kesehatan.

Secara keseluruhan, pengembangan pangan fungsional berbasis legum dengan potensi prebiotik dapat diarahkan melalui optimasi pengolahan, fermentasi, dan pengayaan komponen tertentu. Ketiga strategi tersebut memiliki titik intervensi yang berbeda, tetapi prinsip dasarnya sama, yaitu mempertahankan atau meningkatkan ketersediaan komponen yang berpotensi berinteraksi dengan mikrobiota. Keberhasilan pengembangan produk tidak hanya bergantung pada peningkatan kadar RFO atau pati resisten, tetapi juga pada struktur komponen, matriks pangan, proses pengolahan, mikroorganisme yang digunakan, serta stabilitas selama penyimpanan. Peningkatan komponen fermentabel atau perubahan karakteristik mikrobiota pada tahap pengembangan produk belum dapat langsung dianggap sebagai bukti manfaat prebiotik pada manusia. Oleh karena itu, pengembangan produk berbasis legum perlu dilanjutkan dari tahap optimasi komponen dan proses menuju validasi fungsi biologis, termasuk melalui penelitian pada manusia.

3.4 Arah dan Tantangan Pengembangan di Masa Depan

Pengembangan komponen legum dengan potensi prebiotik masih menghadapi tantangan dalam menghasilkan bukti yang mampu menghubungkan karakteristik komponen, modulasi mikrobiota, dan manfaat kesehatan secara langsung. Kemampuan suatu komponen untuk mencapai kolon dan mengalami fermentasi belum cukup untuk mengategorikannya sebagai prebiotik, karena diperlukan bukti pemanfaatan secara selektif oleh mikroorganisme inang yang disertai manfaat kesehatan. Kandungan dan struktur RFO, pati resisten, dan serat dapat berbeda antarjenis legum serta mengalami perubahan selama pengolahan, sehingga memengaruhi fermentabilitas dan respons mikrobiota. Oleh karena itu, penelitian ke depan perlu meningkatkan standardisasi karakterisasi bahan dan proses serta memperkuat bukti melalui penelitian intervensi pada manusia yang mengevaluasi komponen pangan, perubahan mikrobiota, metabolit, dan luaran kesehatan secara terintegrasi (Hutkins et al., 2025).

Penelitian selanjutnya dapat diarahkan dengan pendekatan mikrobioma, metabolomik, dan *precision nutrition* untuk memahami variasi respons antarindividu terhadap konsumsi komponen legum. Perbedaan mikrobiota awal, pola konsumsi, dan karakteristik inang dapat menyebabkan suatu intervensi menghasilkan respons yang tidak seragam, sehingga pengembangan pangan fungsional perlu mempertimbangkan interaksi antara karakteristik bahan dan kondisi konsumen. Penelitian aplikatif juga perlu mengevaluasi stabilitas komponen selama pengolahan dan penyimpanan, dosis yang menghasilkan respons biologis yang relevan, serta penerimaan sensori dan keamanan produk. Integrasi berbagai aspek tersebut diperlukan untuk menjembatani bukti mekanistik dan hasil model dengan bukti pada manusia, sehingga potensi prebiotik komponen legum dapat dinilai secara lebih komprehensif dan dikembangkan menjadi produk pangan fungsional dengan fungsi biologis yang terukur.

4. KESIMPULAN

Legum merupakan sumber pangan yang mengandung berbagai komponen dengan potensi prebiotik, terutama RFO, pati resisten, dan fraksi serat fermentabel yang dapat mencapai kolon dan berinteraksi dengan mikrobiota usus. Komponen tersebut dapat difermentasi oleh mikroorganisme dan melalui interaksi metabolik termasuk *cross-feeding,* memengaruhi komposisi dan aktivitas mikrobiota, serta pembentukan metabolit seperti asam lemak rantai pendek. Bukti eksperimental menunjukkan bahwa respons mikrobiota terhadap komponen legum dipengaruhi oleh karakteristik dan struktur substrat, jenis legum, serta kondisi mikrobiota awal, sehingga respons yang dihasilkan tidak dapat digeneralisasi secara universal.

Potensi tersebut memberikan peluang untuk pengembangan pangan fungsional melalui pemanfaatan legum sebagai matriks alami, optimasi komponen seperti RFO dan pati resisten, serta pengembangan produk fermentasi atau sinbiotik. Namun, sebagian besar bukti yang tersedia masih berasal dari penelitian *in vitro* dan model hewan, sehingga diperlukan penelitian intevensi pada manusia yang lebih terstandar untuk mengonfirmasi pemanfaatan komponen secara selektif oleh mikrobiota. Oleh karena itu, pengembangan pangan fungsional berbasis legum perlu mengintegrasikan karakteristik komponen, evaluasi respons mikrobiota, dan validasi manfaat kesehatan agar potensi aktivitas prebiotiknya dapat dinilai secara lebih komprehensif dan diterjemahkan ke dalam produk berbasis bukti ilmiah.

DAFTAR PUSTAKA

Chaturvedi, S. & Chakraborty, S. (2022). Optimization of fermentation conditions of symbiotic legume-based beverages and study of their antimicrobial and proteolytic activity. *Journal of Food Science.* https://doi.org/10.1111/1750-3841.16357

Chauhan, J. & Sharma, R.K. (2023). Synbiotic formulations with microbial biofilm, animal derived (casein, collagen, chitosan) and plant derived (starch, cellulose, alginate) prebiotic polymers: A review. *International Journal of Biological Macromolecules, 248.* https://doi.org/j.ijbiomac.2023.125873

Culp, E. J., & Goodman, A. L. (2023). Cross-feeding in the gut microbiome: Ecology and mechanisms. *Cell Host & Microbiome 3, 485-499.* https://doi.org/10.1016/j.chorm.2023.03.016

Elango, D., Rajendran, K., Van der Laan, L., Sebastiar, S., Raigne, J., Thaiparambil, N. A., El Haddad, N., Raja, B., Wang, W., Ferela, A., Chiteri, K. O., Thudi, M., Varshney, R. K., Chopra, S., Singh, A., & Singh, A. K. (2022). Raffinose Family Oligosaccharides: Friend or Foe for Human and Plant Health? In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 13). Frontiers Media S.A. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.829118

Hays, K. E., Pfaffinger, J. M., & Ryznar, R. (2024). The interplay between gut microbiota, short-chain fatty acids, and implications for host health and disease. In *Gut Microbes* (Vol. 16, Number 1). Taylor and Francis Ltd. https://doi.org/10.1080/19490976.2024.2393270

Hutkins, R., Walter, J., Gibson, G.R., Bedu-Ferrari, C., Scott, K., Tancredi, D.J., Wijeyesekera, A., & Sanders, M.E. (2024). Classifying compounds as prebiotics-scientifc perspectives and recommendations. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology,* 22, 54-70. https://doi.org/10.1038/s41575-024-00981-6

Kadyan, S., Sharma, A., Arjmandi, B. H., Singh, P., & Nagpal, R. (2022). Prebiotic Potential of Dietary Beans and Pulses and Their Resistant Starch for Aging-Associated Gut and Metabolic Health. In *Nutrients* (Vol. 14, Number 9). MDPI. https://doi.org/10.3390/nu14091726

Kong, C., Hu, Y., Song, J., Li, X., Wang, B., & Vos, P. de. (2026). Extraction-Dependent Structural Diversity of White Kidney Bean Cotyledon Polysaccharides Determines Their Effects on Ex Vivo Fermentation of the Elderly Gut Microbiota. *Nutrients*, *18*(4). https://doi.org/10.3390/nu18040591

Li, J., & O'Toole, P. W. (2024). Disease-associated microbiome signature species in the gut. *PNAS Nexus*, *3*(9). https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgae352

Li, S., Meng, Y., Wang, C., Suonan, Z., Zhang, X., Wu, T., Dai, Z., Zhang, Y., Sharafeldin, S., Zhang, Y., Shen, Q., & Xue, Y. (2024). Effect of structural characteristics of resistant starch prepared by various methods on microbial community and fermentative products. *International Journal of Biological Macromolecules, 254 (1).* https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127725

Mann, E.R., Lam, Y.K., & Uhlig, H.H. (2024). Short-chain fatty acids: linking diet, the microbiome and immunity. *Nature reviews. Immunology, 24*(8), 577-595. https://doi.org/10.1038/s41577-024-01014-8

Obadi, M. & Xu, B. (2024). A review of the effects of physical processing techniques on the characteristics of legume starches and their application in low-glycemic index foods. *International journal of biological macromolecules, 279*(Pt 1), 135124. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2024.135124

Obayomi, O. V., Folakemi Olaniran, A., & Olugbemiga Owa, S. (2024). Unveiling the role of functional foods with emphasis on prebiotics and probiotics in human health: A review. *Journal of Functional Foods*, *119*. https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106337

Özdemir, A. & Buyuktuncer, Z. (2025). Dietary legumes and gut microbiome: a comprehensive review. *Critical reviews in food science and nutrition, 65*(28), 5956-5970. https://doi.org/10.1080/10408398.2024.243472

Pandae, N., Krangkrathok, W., Sawangwan, T., Ngernyuang, N., & Chantorn, S. (2024). Bioactivity and prebiotic properties of raffinose oligosaccharides derived from different chickpeas for alternative functional food application. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre, 31.* https://doi.org/10.1016/j.bcdf.2024.100412

Sudhakaran, S.M.N., Mathew, S.E., & Shakappa, D. (2025). Effect of green gram (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) raffinose family oligosaccharides on growth of selected probiotic bacteria, food iintake, and body weight markers in Wistar NIN rats. *Food Bioscience, 66.* https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.106214

Teichmann, J., & Cockburn, D. W. (2021). In vitro Fermentation Reveals Changes in Butyrate Production Dependent on Resistant Starch Source and Microbiome Composition. *Frontiers in Microbiology*, *12*. https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.640253

Wang, Y., Li, C., Shan, Z., Yin, S., Wang, Y., Wang, C., Liu, T., Wang, N., & Guo, Q. (2022). In Vitro Fermentability of Soybean Oligosaccharides from Wastewater of Tofu Production. *Polymers*, *14*(9). https://doi.org/10.3390/polym14091704

Wen, J-J., Li, M-J., Hu, J-L., Tan, H-Z., & Nie, S-P. (2022). Resistant starches and gut microbiota. *Food Chemistry, 387, 132895.* https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132895

Yoo, S., Jung, S. C., Kwak, K., & Kim, J. S. (2024). The Role of Prebiotics in Modulating Gut Microbiota: Implications for Human Health. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 25, Number 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/ijms25094834

Zhao, M., Lu, C., Hu, X., & Ma, Z. (2024). Evolution of multi-scale structure and microbiota metabolism of lentil resistant starch during the dynamic fermentation *in vitro*. *Food Chemistry, 461.* https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140914

Zhou, D., Ma, Z., & Hu, X. (2021). Isolated Pea Resistant Starch Substrates with Different Structural Features Modulate the Production of Short-Chain Fatty Acids and Metabolism of Microbiota in Anaerobic Fermentation In Vitro. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 69(18):5392-5404.* https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c08197