



Bioprospek

<https://fmipa.unmul.ac.id/jurnal/index/Bioprospek>



AKTIVITAS HIPOKOLESTEROLEMIK MINUMAN PROBIOTIK PRODUK DAIRY DAN NON-DAIRY: TINJAUAN KOMPARATIF IN VITRO DAN IN VIVO

Annisa Nurul Ilmi^{1*}, Aloysia Sri Pujiyanti¹, Natasha Florenika¹, Ni Luh Eka Savitri¹

1. Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Jalan Barong Tongkok No.4, Gn. Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur, Indonesia – 75123

INFO ARTIKEL

Disubmit **05 Februari 2026**

Diterima **15 Mei 2026**

Terbit Online **01 Juni 2026**

Kata kunci:

Probiotik, hipokolesterolemik, minuman fermentasi, dairy, non-dairy

ABSTRAK

Kajian ini bertujuan menganalisis secara naratif potensi hipokolesterolemik minuman probiotik dairy dan non-dairy berdasarkan bukti *in vitro*, *in vivo*, dan klinis, dengan menempatkan matriks minuman sebagai fokus utama perbandingan. Literatur ditelusuri dari artikel penelitian primer dan artikel pendukung yang relevan, kemudian disintesis secara komparatif berdasarkan jenis substrat, mikroorganisme, mekanisme biologis, luaran profil lipid, serta konsistensi temuan. Hasil kajian menunjukkan bahwa minuman probiotik dairy (*dairy*), seperti yogurt, kefir, dan dadih, memiliki dukungan bukti yang relatif lebih kuat melalui mekanisme aktivitas *bile salt hydrolase* (BSH), peningkatan ekskresi asam empedu, asimilasi kolesterol, dan pengikatan kolesterol oleh sel bakteri. Sementara itu, minuman probiotik non-dairy (*non-dairy*), seperti susu kedelai fermentasi, kombucha, jus buah probiotik, dan water kefir, menawarkan keunggulan komposisi karena bebas kolesterol, bebas laktosa, serta mengandung fitokimia yang dapat memperkuat aktivitas metabolik probiotik, meskipun bukti klinisnya masih terbatas. Kajian ini menyimpulkan bahwa efek hipokolesterolemik minuman probiotik merupakan hasil interaksi antara strain, substrat, komponen bioaktif matriks, dan respons metabolik inang. Penelitian selanjutnya disarankan mengutamakan uji klinis terkontrol dengan formulasi produk, dosis probiotik, durasi intervensi, dan biomarker lipid yang terstandar. Kontribusi artikel ini adalah memperjelas pentingnya pendekatan berbasis matriks dalam pengembangan minuman probiotik anti-kolesterol.

*Email Corresponding Author: annisanurulilmi@fmipa.unmul.ac.id

1. PENDAHULUAN

Hiperkolesterolemia merupakan salah satu faktor risiko utama penyakit kardiovaskular dan secara global berkontribusi terhadap beban kematian serta hilangnya tahun hidup produktif yang besar (Agolino et al., 2024). Penyakit kardiovaskular hingga kini masih menempati posisi teratas sebagai penyebab kematian di banyak negara, sehingga pengendalian kadar kolesterol menjadi salah satu prioritas kesehatan masyarakat. Terapi dengan obat farmasi memang efektif menurunkan konsentrasi kolesterol, tetapi tidak selalu efektif bagi seluruh populasi pasien dan dapat menimbulkan efek samping yang membatasi kepatuhan terhadap pengobatan (Ooi & Liong, 2010). Kondisi tersebut mendorong pencarian intervensi berbasis pangan yang lebih aman sebagai strategi komplementer. Hal ini menjadi alasan mengapa bakteri asam laktat dan probiotik telah lama dikaji sebagai bio-intervensi alami yang berpotensi memperbaiki profil lipid tanpa menimbulkan beban efek samping yang berarti (Patial et al., 2025). Potensi hipokolesterolemik probiotik bukanlah gagasan baru; konsumsi susu fermentasi berisi *L. acidophilus* dilaporkan menurunkan kolesterol serum pada subjek hiperlipidemia sejak tahun 1974 (Mann & Spoerry, 1974). Sejak itu, berbagai mekanisme penurunan kolesterol oleh probiotik diusulkan, mencakup dekonjugasi garam empedu melalui aktivitas *bile salt hydrolase*, pengikatan kolesterol pada permukaan sel, koprecipitasi kolesterol dengan garam empedu terdekonjugasi, inkorporasi kolesterol ke dalam membran sel, serta produksi asam lemak rantai pendek (Bhat & Bajaj, 2020; Patial et al., 2025). Namun demikian, bukti yang terkumpul tidak selalu konsisten: sebagian studi menunjukkan efek yang tidak signifikan terhadap profil lipid sehingga menyanggah klaim hipokolesterolemik, dan informasi mengenai dosis efektif masih terbatas (Sefidgari-Abrasi et al., 2025; C. Wang et al., 2021).

Potensi hipokolesterolemik probiotik bukan merupakan gagasan yang baru. Berbagai mekanisme penurunan kolesterol telah diusulkan, yaitu dekonjugasi garam empedu melalui aktivitas *bile salt hydrolase* (BSH), pengikatan dan asimilasi kolesterol oleh sel bakteri, inkorporasi kolesterol ke dalam membran sel yang disertai konversinya menjadi koprostanol, koprecipitasi kolesterol dengan garam empedu terdekonjugasi, serta produksi asam lemak rantai pendek yang menekan sintesis kolesterol di hati (Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010; Ooi & Liong, 2010; Tsai et al., 2014). Kendati demikian, bukti yang terhimpun tidak selalu konsisten. Sebagian penelitian melaporkan efek yang tidak signifikan terhadap profil lipid, dan informasi mengenai dosis efektif masih terbatas (Ooi & Liong, 2010). Ketidakkonsistenan tersebut mengindikasikan bahwa besaran efek anti-kolesterol tidak semata ditentukan oleh keberadaan probiotik, melainkan juga oleh faktor pendamping, termasuk jenis matriks tempat probiotik diformulasikan.

Seiring meningkatnya permintaan terhadap pangan fungsional, minuman probiotik berkembang menjadi salah satu segmen yang tumbuh paling cepat. Meskipun sebagian besar minuman probiotik masih dairy, terdapat kelompok konsumen tertentu, yaitu individu dengan intoleransi laktosa, alergi protein susu, atau yang menjalani pola makan nabati, yang tidak dapat atau tidak bersedia mengonsumsinya. Kondisi tersebut menjadikan minuman probiotik non-dairy sebagai alternatif yang menjanjikan (B. Yilmaz et al., 2025). Perbedaan matriks memiliki makna penting karena setiap medium menyumbang komponen non-mikroba yang khas, yaitu peptida dan lemak susu pada produk dairy, isoflavon pada kedelai fermentasi, serta polifenol pada jus dan teh fermentasi. Komponen tersebut berpotensi memodulasi metabolisme kolesterol secara sinergis dengan probiotiknya (Permatasari et al., 2022; Sartang et al., 2015).

Tinjauan literatur terdahulu belum menjawab persoalan ini secara menyeluruh. Tinjauan yang tersedia cenderung terfragmentasi. Sebagian membahas probiotik dan prebiotik secara umum sebagai suplemen tanpa membedakan matriks minuman sebagian lain berfokus pada satu jenis produk secara terpisah (Ooi & Liong, 2010), sementara kajian mengenai minuman non-dairy lebih menekankan aspek produksi, viabilitas, dan keamanan alih-alih menempatkan efek anti-kolesterol sebagai luaran sentral (Abbasi et al., 2026). Akibatnya, belum tersedia sintesis yang secara langsung menyandingkan bukti anti-kolesterol antara minuman probiotik dairy dan non-dairy sekaligus mengintegrasikan temuan pada tingkat *in vitro* dan *in vivo* dalam satu kerangka komparatif. Kesenjangan inilah yang menjadi fokus tinjauan ini. Secara spesifik, tinjauan ini bertujuan untuk (1) memetakan bukti *in vitro* dan *in vivo* pada kelompok minuman dairy dan non-dairy; (2) menelaah kontribusi komponen non-mikroba tiap matriks terhadap efek hipokolesterolemik; dan (3) mengidentifikasi asimetri kekuatan bukti serta kesenjangan

translasi dari uji in vitro menuju luaran in vivo sebagai landasan penyusunan agenda penelitian pada masa mendatang.

2. MATERI DAN METODE

Artikel ini disusun sebagai narrative review dengan menempatkan jenis matriks minuman sebagai fokus utama analisis. Literatur ditelusuri melalui beberapa basis data, yaitu PubMed/PubMed Central, ScienceDirect (Elsevier), Wiley Online Library, Taylor & Francis Online, dan MDPI. Penelusuran juga dilengkapi dengan Google Scholar untuk memperoleh artikel versi akses terbuka. Publikasi yang digunakan terutama dibatasi pada sepuluh tahun terakhir, kecuali untuk beberapa studi landmark yang tetap disertakan karena menjadi dasar penting dalam pengembangan konsep dan mekanisme hipokolesterolemik probiotik.

Strategi pencarian dilakukan dengan mengombinasikan kata kunci yang berkaitan dengan jenis produk, efek biologis, dan desain penelitian. Kata kunci produk mencakup “probiotic beverage”, “fermented milk”, “kefir”, “koumiss”, “yogurt drink”, “fermented susu kedelai”, “probioticated juice”, “water kefir”, dan “kombucha”. Istilah yang berkaitan dengan efek meliputi “cholesterol-lowering”, “hypokolesterolemik”, “lipid profile”, dan “bile salt hydrolase”, sedangkan istilah untuk jenis kajian mencakup “in vitro”, “in vivo”, “animal model”, dan “clinical trial”. Pencarian diawali secara luas, kemudian dipersempit secara bertahap menggunakan istilah teknis yang lebih spesifik agar literatur yang diperoleh lebih sesuai dengan tujuan tinjauan.

Literatur yang dianalisis meliputi artikel penelitian primer, baik studi in vitro, penelitian in vivo pada hewan, maupun uji klinis pada manusia, serta artikel tinjauan yang membahas potensi anti-kolesterol minuman probiotik beserta mekanismenya. Artikel yang tidak berkaitan langsung dengan luaran profil lipid, seperti kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida, atau tidak membahas matriks minuman, tidak dimasukkan dalam sintesis utama. Selanjutnya, studi yang terpilih dikelompokkan ke dalam dua kategori, yaitu minuman probiotik dairy dan non-dairy. Sintesis dilakukan secara komparatif dengan memperhatikan komponen bioaktif matriks, mekanisme penurunan kolesterol yang dominan, tingkat bukti ilmiah, serta konsistensi dan besaran efek yang dilaporkan. Karena artikel ini bersifat naratif, tinjauan tidak menerapkan protokol kuantitatif PRISMA maupun meta-analisis. Pemilihan dan penekanan literatur didasarkan pada relevansi sumber, kekuatan bukti, serta kontribusinya dalam menjelaskan perbedaan potensi hipokolesterolemik antara minuman probiotik dairy dan non-dairy.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Penurunan Kolesterol oleh Probiotik

Mekanisme kerja yang dipahami dengan baik menjadi acuan dalam menjelaskan variasi efek dari beragam matriks minuman. Mekanisme yang paling banyak dikaji adalah aktivitas *bile salt hydrolase* (BSH), enzim bakteri yang mendeconjugasi garam empedu terkonjugasi menjadi asam empedu bebas. Asam empedu bebas lebih sulit direabsorpsi pada sirkulasi enterohepatik sehingga lebih banyak diekskresikan melalui feses; untuk mengompensasi kehilangan tersebut, hati meningkatkan sintesis asam empedu dari kolesterol, yang pada akhirnya menurunkan kolesterol serum (Agolino et al., 2024; Tsai et al., 2014). Selain jalur BSH, probiotik dapat menurunkan ketersediaan kolesterol luminal melalui asimilasi dan pengikatan kolesterol pada permukaan sel yang sedang tumbuh, serta melalui inkorporasi kolesterol ke dalam membran sel dan konversinya menjadi koprostanol yang sukar diserap (Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010).

Lye et al. (2010) menunjukkan bahwa beberapa strain *Lactobacillus* mampu menghilangkan kolesterol secara in vitro pada kondisi yang menyerupai saluran pencernaan manusia. Penyingkiran kolesterol tersebut tidak hanya terjadi pada sel yang aktif tumbuh, tetapi juga pada sel istirahat dan sel mati, meskipun dalam jumlah lebih rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian kolesterol dapat berikatan secara fisik pada permukaan sel bakteri. Pengamatan menggunakan mikroskop elektron juga mendukung adanya pelekatan kolesterol pada permukaan sel. Akibatnya, efek hipokolesterolemik probiotik dapat berasal dari kombinasi proses metabolik aktif dan proses adsorptif pasif pada dinding sel bakteri.

Mekanisme lain yang sering dikemukakan adalah inkorporasi kolesterol ke dalam membran sel bakteri. Kolesterol yang terinkorporasi menjadi kurang tersedia untuk diserap oleh epitel usus. Beberapa bakteri juga diduga mampu mengonversi kolesterol menjadi koprostanol, yaitu sterol yang lebih sukar diserap dan lebih mudah diekskresikan. Meskipun mekanisme ini belum sekuat bukti BSH, jalur tersebut tetap penting karena menunjukkan bahwa mikroorganisme probiotik berpotensi mengubah bentuk kimia kolesterol menjadi bentuk yang secara fisiologis kurang tersedia bagi tubuh. Di samping itu, probiotik dapat menghasilkan asam lemak rantai pendek, terutama propionat, yang diduga dapat menghambat aktivitas enzim kunci dalam biosintesis kolesterol hepatic, meskipun efek ini sangat dipengaruhi oleh jenis substrat fermentasi dan komposisi mikrobiota usus. Bukti *in vitro* memperlihatkan bahwa sifat anti kolesterol terutama terjadi pada sel yang aktif secara metabolik, dan pada sebagian isolat melibatkan pelekatan kolesterol ke permukaan sel (Tjandrawinata et al., 2022). Jalur pelengkap lain mencakup koprecipitasi kolesterol dengan asam empedu bebas serta produksi asam lemak rantai pendek yang dapat menghambat sintesis kolesterol hati (Ooi & Liong, 2010). Pada minuman fermentasi, jalur-jalur ini dapat diperkuat oleh komponen matriks non-mikroba, sehingga efek yang teramati merupakan hasil interaksi strain dengan medianya.

Pada minuman probiotik, seluruh mekanisme tersebut tidak dapat dilepaskan dari peran matriks. Matriks minuman berfungsi bukan hanya sebagai pembawa probiotik, tetapi juga sebagai lingkungan biokimia yang menentukan viabilitas, aktivitas enzimatik, metabolit fermentasi, serta interaksi antara sel bakteri dan komponen pangan. Pada produk dairy, protein susu, peptida bioaktif, mineral, dan fraksi lipid dapat memodulasi efek probiotik. Sebaliknya, pada minuman non-dairy, senyawa fitokimia seperti isoflavin, polifenol, flavonoid, serat larut, dan oligosakarida dapat bertindak sebagai substrat prebiotik sekaligus komponen bioaktif yang berkontribusi terhadap perbaikan profil lipid. Masing-masing mekanisme memiliki indikator pengamatan yang berbeda, mulai dari aktivitas BSH, peningkatan ekskresi asam empedu, penurunan kolesterol dalam media kultur, hingga perubahan kadar kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida. Ringkasan mekanisme utama penurunan kolesterol oleh probiotik disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Mekanisme Utama Penurunan Kolesterol oleh Probiotik

Mekanisme	Mikroorganisme	Mekanisme biologis	Indikator	Referensi
Aktivitas BSH	Bakteri asam laktat, terutama <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> IS-10285, dan strain LAB lain dengan aktivitas BSH	Dekonjugasi garam empedu menjadi asam empedu bebas yang lebih mudah diekskresikan	Aktivitas BSH, peningkatan asam empedu feses, penurunan TC dan LDL-C	(Ma et al., 2019; Pato et al., 2004; Tsai et al., 2014)
Asimilasi kolesterol	<i>Lactobacillus spp.</i> , terutama beberapa strain <i>Lactobacillus reuteri</i> ; juga dilaporkan pada strain probiotik lain	Kolesterol diserap atau diasimilasi oleh sel bakteri selama pertumbuhan	Penurunan kolesterol dalam media kultur	(Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010; Tomaro-Duchesneau et al., 2014)
Pengikatan kolesterol pada permukaan sel	<i>Lactobacillus spp.</i> ; dapat terjadi pada sel hidup, sel istirahat, maupun sel mati	Kolesterol melekat pada dinding atau permukaan sel bakteri	Kolesterol tetap terikat pada biomassa bakteri	(Lye, Rusul, et al., 2010)
Inkorporasi ke membran sel	<i>Lactobacillus spp.</i> dan <i>Bifidobacterium spp.</i>	Kolesterol masuk ke struktur membran bakteri sehingga tidak tersedia untuk absorpsi usus	Perubahan kandungan sterol pada biomassa sel	(Tomaro-Duchesneau et al., 2014)
Kopresipitasi dengan asam empedu bebas	Bakteri asam laktat penghasil BSH, terutama <i>Lactobacillus spp.</i> dan <i>Lactococcus spp.</i>	Kolesterol ikut mengendap bersama asam empedu terdekonjugasi	Penurunan kelarutan kolesterol dalam lumen	(Hsu et al., 2004; Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010)
Produksi SCFA	Probiotik dan mikrobiota usus fermentatif,	Propionat dan SCFA lain dapat memengaruhi	Perubahan SCFA, TC, LDL-C, TG	(Hsu et al., 2004)

Mekanisme	Mikroorganisme	Mekanisme biologis	Indikator	Referensi
	termasuk <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Bifidobacterium spp.</i> , dan bakteri penghasil SCFA lain	metabolisme lipid hepatik		

Berdasarkan mekanisme yang dirangkum pada tabel, aktivitas BSH merupakan jalur yang paling banyak digunakan untuk menjelaskan efek hipokolesterolemik probiotik. Bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus spp.*, *Lactococcus lactis subsp. lactis IS-10285*, dan strain LAB lain yang memiliki aktivitas BSH, mampu mendekongugasi garam empedu menjadi asam empedu bebas yang lebih sulit direabsorpsi dan lebih mudah diekskresikan melalui feses. Peningkatan kehilangan asam empedu ini mendorong hati menggunakan kolesterol sebagai prekursor untuk sintesis asam empedu baru, sehingga kadar kolesterol total dan LDL-C dapat menurun (Ma et al., 2019; Pato et al., 2004; Tsai et al., 2014). Selain itu, probiotik juga dapat menurunkan ketersediaan kolesterol di lumen saluran pencernaan melalui asimilasi kolesterol selama pertumbuhan sel bakteri. Mekanisme ini terutama dilaporkan pada beberapa strain *Lactobacillus spp.*, termasuk *Lactobacillus reuteri*, yang mampu menurunkan kadar kolesterol dalam media kultur sebagai indikator kemampuan penghilangan kolesterol secara in vitro (Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010; Rahmani et al., 2021; Tomaro-Duchesneau et al., 2014).

Selain mekanisme berbasis aktivitas enzimatik dan asimilasi, penurunan kolesterol oleh probiotik juga dapat terjadi melalui proses fisik pada permukaan dan struktur sel bakteri. Kolesterol dapat melekat pada dinding atau permukaan sel *Lactobacillus spp.*, baik pada sel hidup, sel istirahat, maupun sel mati, sehingga sebagian kolesterol tetap tertahan pada biomassa bakteri dan tidak tersedia untuk absorpsi usus (Lye, Rahmat-Ali, et al., 2010; Lye, Rusul, et al., 2010). Pada beberapa strain *Lactobacillus spp.* dan *Bifidobacterium spp.*, kolesterol juga dapat terinkorporasi ke dalam membran sel bakteri, yang ditunjukkan melalui perubahan kandungan sterol pada biomassa sel (Tomaro-Duchesneau et al., 2014). Jalur lain yang mendukung efek ini adalah kopresipitasi kolesterol dengan asam empedu bebas hasil dekonjugasi, sehingga kelarutan kolesterol dalam lumen usus menurun dan ekskresinya berpotensi meningkat (Hsu et al., 2004; Lye, Rusul, et al., 2010). Di samping itu, probiotik dan mikrobiota usus fermentatif, termasuk *Lactobacillus spp.*, *Bifidobacterium spp.*, serta bakteri fermentatif lainnya, dapat menghasilkan asam lemak rantai pendek atau *short-chain fatty acids* (SCFA), terutama propionat, asetat, dan butirrat. Senyawa ini berperan dalam modulasi metabolisme lipid hepatik, sehingga perubahan kadar SCFA dapat berkaitan dengan penurunan kolesterol total, LDL-C, maupun trigliserida (Hsu et al., 2004).

Minuman Probiotik Dairy

Susu fermentasi dan yogurt probiotik

Minuman probiotik dairy merupakan kelompok produk yang paling lama dikembangkan dan paling banyak diteliti. Yogurt, susu fermentasi, kefir, koumiss, dan dadih menjadi contoh penting karena menyediakan lingkungan yang relatif stabil bagi pertumbuhan bakteri asam laktat. Matriks susu mengandung laktosa, protein kasein dan *whey*, kalsium, fosfolipid, serta lemak susu yang dapat berinteraksi dengan mikroorganisme selama fermentasi. Proses fermentasi juga menghasilkan peptida bioaktif, asam organik, eksopolisakarida, dan metabolit lain yang berpotensi mendukung efek metabolik produk (Ooi & Liong, 2010).

Bukti klinis mengenai yogurt probiotik cukup kuat dibandingkan minuman non-dairy. Konsumsi yogurt probiotik yang mengandung *Lactobacillus acidophilus* dan *Bifidobacterium lactis* pada individu dengan diabetes melitus tipe 2 mampu memperbaiki profil lipid, terutama menurunkan kolesterol total dan LDL-C dibandingkan yogurt konvensional (Ejtahed et al., 2011; Mirjalili et al., 2023; Zhong et al., 2024). Temuan ini menunjukkan bahwa probiotik dalam matriks yogurt dapat memberikan efek tambahan terhadap parameter lipid, meskipun kontribusi matriks susu tetap perlu diperhitungkan. Pada kondisi diabetes tipe 2, perbaikan profil lipid menjadi penting karena dislipidemia diabetik sering ditandai oleh peningkatan trigliserida, penurunan HDL-C, dan peningkatan partikel LDL aterogenik.

Namun, efek minuman dairy tidak selalu konsisten. Konsumsi kefir tidak menurunkan kadar kolesterol total, LDL-C, HDL-C, maupun trigliserida pada laki-laki hiperlipidemia jika dibandingkan dengan susu (Salari et al., 2021; St-Onge et al., 2002; I. Yilmaz & Arslan, 2022). Sebaliknya, Fathi et

al. (2017) menemukan bahwa konsumsi kefir dalam pola diet kaya produk susu memperbaiki profil lipid pada perempuan premenopause dengan kelebihan berat badan atau obesitas, meskipun perbaikannya serupa dengan kelompok susu rendah lemak (Bellikci-Koyu et al., 2022). Perbedaan ini memperlihatkan bahwa efek kefir tidak hanya ditentukan oleh keberadaan mikroba, tetapi juga oleh desain intervensi, durasi konsumsi, kondisi metabolik subjek, komposisi produk, dan kelompok pembandingan.

Kefir dan sinbiotik dairy

Kefir merupakan minuman fermentasi kompleks yang mengandung bakteri asam laktat, bakteri asam asetat, dan khamir. Keunikan kefir terletak pada struktur grain yang berperan sebagai ekosistem mikroba alami. Pada model hewan, kefir yang dikombinasikan dengan komponen prebiotik menunjukkan potensi yang menjanjikan. Nurliyani et al. (2018) melaporkan bahwa kefir susu kambing yang disuplementasi glukomanan porang mampu memperbaiki profil lipid pada tikus yang diberi diet tinggi lemak dan fruktosa. Penurunan trigliserida dan kolesterol total pada kelompok kefir dengan glukomanan menunjukkan bahwa kombinasi probiotik dan prebiotik dapat menghasilkan efek sinbiotik. Dalam konteks ini, glukomanan tidak hanya berfungsi sebagai serat, tetapi juga dapat memengaruhi viskositas lumen usus, pengikatan asam empedu, dan fermentasi mikrobiota. Hasil tersebut menunjukkan bahwa formulasi minuman probiotik dapat diarahkan bukan hanya pada pemilihan strain, tetapi juga pada pengayaan matriks dengan komponen prebiotik. Produk dairy yang diperkaya serat larut atau oligosakarida berpotensi memperkuat efek penurunan kolesterol melalui dua jalur sekaligus, yaitu aktivitas mikroba probiotik dan pengikatan asam empedu oleh komponen serat.

Dadih sebagai minuman fermentasi indigenous Indonesia

Dadih merupakan susu kerbau fermentasi tradisional dari Sumatra Barat yang memiliki nilai penting sebagai pangan fermentasi lokal. Dari perspektif ilmiah, dadih menarik karena mengandung bakteri asam laktat indigenous yang telah beradaptasi dengan matriks susu kerbau dan proses fermentasi alami. *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* IS-10285 yang diisolasi dari dadih dapat menurunkan kolesterol total, LDL-C, dan total asam empedu pada tikus hiperkolesterolemia. Efek tersebut dikaitkan dengan kemampuan strain dalam menekan reabsorpsi asam empedu dan meningkatkan ekskresi asam empedu melalui feses (Pato et al., 2004).

Bukti terbaru juga menunjukkan potensi pengembangan dadih dalam bentuk pangan fungsional kombinatorik. Laila et al., (2024) meneliti ampiang-dadih, yaitu kombinasi dadih dengan ampiang dari beras ketan hitam, pada model tikus yang diberi diet tinggi kolesterol. Pemberian ampiang-dadih secara preventif mampu mencegah peningkatan kolesterol total plasma dan LDL-C, mempertahankan aktivitas enzim hati dalam kisaran normal, serta mengurangi degenerasi sel hati. Kombinasi tersebut menarik karena menggabungkan bakteri asam laktat dadih dengan antosianin dan serat dari beras ketan hitam. Oleh karena itu, ampiang-dadih dapat dipandang sebagai model pangan sinbiotik lokal yang memadukan probiotik indigenous dan komponen fitokimia. Rangkuman komparatif mengenai produk probiotik non-dairy dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Bukti utama minuman probiotik dairy terhadap profil lipid

Produk/ minuman probiotik dairy	Substrat/matriks berdasarkan artikel asli	Desain studi	Strain/komponen utama	Efek terhadap lipid	Interpretasi	Referensi
Yogurt probiotik	Yogurt dairy; artikel melaporkan konsumsi 300 g/hari yogurt probiotik dan yogurt konvensional	Uji klinis acak pada pasien diabetes melitus tipe 2	<i>Lactobacillus acidophilus</i> La5 dan <i>Bifidobacterium lactis</i> Bb12	Penurunan kolesterol total dan LDL-C dibandingkan yogurt konvensional	Mendukung efek hipokolesterolemik mik yogurt probiotik pada populasi metabolik	(Ejtahed et al., 2011)
Kefir	Kefir dairy; pembandingan berupa susu 2%	Uji klinis crossover pada laki-laki	Mikroba kefir komersial	Tidak menurunkan TC, LDL-C,	Menunjukkan efek kefir terhadap lipid	(St-Onge et al., 2002)

Produk/ minuman probiotik dairy	Substrat/matriks berdasarkan artikel asli	Desain studi	Strain/komp onen utama	Efek terhadap lipid	Interpretasi	Referensi
	yang ditambah skim milk powder dan air agar komposisi energi, lemak, dan kolesterol setara	hiperkolesterol emia ringan		HDL-C, maupun TG dibandingkan susu	tidak selalu konsisten pada manusia	
Kefir dalam diet kaya produk susu	Kefir drink dairy rendah lemak; dibandingkan dengan low-fat milk dalam pola diet kaya dairy	Uji klinis acak pada perempuan premenopause overweight/obesitas	Kefir drink sebagai produk fermentasi susu	Penurunan TC, LDL-C, non-HDL-C, dan rasio lipid dibanding kontrol; efeknya serupa dengan low-fat milk	Kefir memperbaiki profil lipid, tetapi tidak lebih unggul daripada susu rendah lemak	(Fathi et al., 2017)
Kefir susu kambing + glukomanan porang	Susu kambing yang difermentasi menjadi kefir, disuplementasi glukomanan porang (<i>Amorphophallus oncophyllus</i>)	In vivo pada tikus diet tinggi lemak dan tinggi fruktosa	Kefir susu kambing + glukomanan porang sebagai sinbiotik	Penurunan trigliserida plasma dan kolesterol total	Menunjukkan potensi sinbiotik antara probiotik kefir susu kambing dan prebiotik glukomanan	(Nurliyani et al., 2018)
Susu fermentasi dengan isolat dadih	Skim milk yang difermentasi menggunakan BAL indigenous asal dadih; bukan dadih utuh	In vivo pada tikus hiperkolesterol emia	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> IS-10285 dan IS-29862	IS-10285 menurunkan kolesterol total, LDL-C, total asam empedu, trigliserida, dan fosfolipid	Efek dikaitkan dengan penekanan reabsorpsi asam empedu dan peningkatan ekskresi asam empedu feses	(Pato et al., 2004)
Ampiang-Dadih	Dadih, yaitu susu kerbau fermentasi tradisional Indonesia, dikombinasikan dengan ampiang atau beras ketan hitam pipih	In vivo pada tikus diet tinggi kolesterol	Dadih + beras ketan hitam; kombinasi probiotik indigenous dan komponen bioaktif beras ketan hitam	Mencegah peningkatan kolesterol total plasma dan LDL-C serta mengurangi degenerasi sel hati	Mendukung potensi pangan fungsional lokal berbasis fermentasi susu kerbau	(Laila et al., 2024)

Keterangan: TC = total cholesterol; LDL-C = low-density lipoprotein cholesterol; HDL-C = *high-density lipoprotein cholesterol*; TG = triglycerides; HFHF = high-fat high-fructose diet.

Minuman Probiotik Non-dairy

Susu kedelai fermentasi

Minuman probiotik non-dairy berkembang sebagai alternatif bagi individu dengan intoleransi laktosa, alergi protein susu, preferensi vegetarian atau vegan, serta kebutuhan produk rendah kolesterol. Di antara berbagai matriks non-dairy, susu kedelai fermentasi merupakan salah satu yang paling banyak dikaji. Susu kedelai mengandung protein nabati, isoflavon, oligosakarida, dan fitosterol yang secara potensial berperan dalam regulasi metabolisme lipid. Fermentasi oleh probiotik dapat mengubah isoflavon glikosida menjadi aglikon yang lebih mudah diserap, sehingga meningkatkan nilai biologis matriks (Fawwaz et al., 2017).

Sartang et al. (2015) melaporkan bahwa susu kedelai probiotik yang difortifikasi omega-3 memperbaiki profil metabolik pada tikus diabetes yang diinduksi streptozotocin-nicotinamide. Produk tersebut tidak hanya memengaruhi glukosa darah, tetapi juga parameter lipid, stres oksidatif, dan inflamasi. Temuan ini memperlihatkan bahwa efek susu kedelai probiotik tidak dapat hanya dikaitkan dengan probiotik, karena kedelai dan omega-3 juga memiliki aktivitas metabolik. Dengan demikian, susu kedelai fermentasi lebih tepat dipahami sebagai matriks multifungsional yang menggabungkan probiotik, protein nabati, asam lemak fungsional, dan fitokimia.

Pada manusia, Hasanpour et al. (2023) menunjukkan bahwa konsumsi susu kedelai yang dikombinasikan dengan suplementasi probiotik pada pasien diabetes tipe 2 selama enam minggu memperbaiki beberapa parameter risiko kardiovaskular, termasuk kolesterol total, trigliserida, HDL-C, tekanan darah diastolik, dan insulin. Meskipun tidak semua perbandingan antarkelompok menunjukkan perbedaan yang kuat, temuan ini tetap penting karena menyediakan bukti klinis awal bahwa matriks kedelai dapat menjadi pembawa yang relevan untuk intervensi probiotik terkait dislipidemia metabolik.

Kombucha merupakan minuman fermentasi teh yang dihasilkan oleh konsorsium bakteri dan khamir atau *symbiotic culture of bacteria and yeast* (SCOBY) (Fraiz et al., 2025). Tidak seperti yogurt atau kefir susu yang didominasi bakteri asam laktat, kombucha memiliki ekosistem mikroba yang lebih kompleks, termasuk bakteri asam asetat dan khamir. Selama fermentasi, terjadi pembentukan asam organik, polifenol termodifikasi, vitamin, dan metabolit lain yang dapat berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan metabolik.

Kombucha mampu menurunkan kolesterol serum dan meningkatkan status antioksidan pada hewan yang diberi diet tinggi kolesterol. Meskipun bukti tersebut masih praklinis, temuan ini menjadi dasar penting bahwa kombucha berpotensi memodulasi metabolisme lipid melalui kombinasi efek mikroba, asam organik, dan antioksidan teh (Pujiyanti & Ilmi, 2025; Yang et al., 2009). Lebih lanjut, inovasi substrat kombucha memperluas potensi aplikasinya. Kombucha bunga telang pada mencit yang diberi diet tinggi kolesterol dan lemak terbukti (Permatasari et al., 2022). Studi tersebut menunjukkan bahwa pemberian kombucha bunga telang dapat memperbaiki profil lipid, termasuk HDL, LDL, kolesterol total, dan trigliserida, serta memodulasi mikrobiota usus. Karena bunga telang kaya antosianin dan flavonoid, efek yang dihasilkan kemungkinan merupakan kombinasi antara aktivitas fermentasi SCOBY dan komponen fitokimia matriks.

Minuman buah fermentasi juga menunjukkan potensi yang serupa. Jus kiwi yang difermentasi menggunakan *Bifidobacterium bifidum* dan *Lactobacillus plantarum* sangat berpotensi. Studi tersebut melaporkan kemampuan degradasi kolesterol secara *in vitro* dan perbaikan dislipidemia serta mikrobiota usus pada model hewan (Y. Wang et al., 2022). Contoh ini memperkuat gagasan bahwa buah dapat berfungsi sebagai matriks non-dairy yang mendukung viabilitas probiotik sekaligus menyediakan serat, vitamin, dan polifenol.

Keunggulan dan keterbatasan matriks non-dairy

Keunggulan utama minuman non-dairy adalah tidak mengandung kolesterol, bebas laktosa, dan lebih sesuai untuk konsumen dengan pembatasan konsumsi susu (Koh et al., 2022). Selain itu, matriks nabati kaya akan senyawa bioaktif yang tidak ditemukan dalam susu, seperti isoflavon pada kedelai, antosianin pada bunga telang, katekin pada teh, serta polifenol pada buah (He et al., 2023; Z. Liu et al., 2022; Natasha et al., 2025; Permatasari et al., 2022; Pujiyanti & Ilmi, 2025). Komponen tersebut dapat memperkuat efek probiotik melalui aktivitas antioksidan, penghambatan enzim pencernaan lipid, modulasi mikrobiota, dan efek prebiotik (Rodríguez-Daza et al., 2021).

Namun, pengembangan minuman probiotik non-dairy juga menghadapi tantangan. Viabilitas probiotik dalam matriks asam, kaya polifenol, atau rendah protein tidak selalu stabil selama penyimpanan (Koh et al., 2022). Beberapa produk nabati juga memiliki kendala sensoris, seperti rasa asam tajam, aroma fermentatif, endapan, atau ketidakstabilan fisik (Concurso et al., 2025). Selain itu, bukti klinis untuk produk non-dairy masih lebih terbatas dibandingkan produk dairy. Oleh karena itu, klaim anti-kolesterol pada minuman non-dairy perlu diperkuat melalui uji klinis terkontrol dengan formulasi produk yang jelas, dosis probiotik terstandar, serta pengukuran profil lipid yang komprehensif (Jung et al., 2021; Permatasari et al., 2022).

Tabel 3. Bukti utama minuman probiotik non-dairy terhadap profil lipid

Produk	Desain studi	Komponen utama	Luaran lipid/metabolik	Interpretasi	Referensi
Susu kedelai probiotik + omega-3	In vivo tikus diabetes	Susu kedelai fermentasi, probiotik, omega-3	Perbaikan profil lipid dan parameter metabolik	Efek berasal dari kombinasi probiotik, kedelai, dan omega-3	(Sartang et al., 2015)
Susu kedelai + probiotik	Uji klinis pasien diabetes tipe 2	Susu kedelai dan probiotik	Perbaikan TC, TG, HDL-C, insulin	Bukti klinis awal untuk matriks kedelai	(Hasanpour et al., 2023)
Kombucha teh	In vivo hewan diet tinggi kolesterol	SCOBY, teh, asam organik, polifenol	Penurunan kolesterol serum dan peningkatan antioksidan	Potensi praklinis sebagai minuman fermentasi anti-kolesterol	(Yang et al., 2009)
Kombucha bunga telang	In vitro dan in vivo mencit diet tinggi kolesterol/lemak	SCOBY, antosianin, flavonoid	Perbaikan HDL, LDL, TC, TG dan mikrobiota usus	Menunjukkan kontribusi matriks fitokimia	(Yang et al., 2009)
Jus kiwi fermentasi	In vitro dan in vivo hewan	B. bifidum, L. plantarum, polifenol buah	Degradasi kolesterol dan perbaikan dislipidemia	Buah potensial sebagai carrier probiotik non-dairy	(Y. Wang et al., 2022)
Water kefir	In vivo hewan	Grain water kefir, gula, mikroba fermentatif	Perbaikan profil lipid pada model hewan	Alternatif bebas susu, tetapi bukti klinis masih terbatas	(Rocha-Gomes et al., 2018)

Berdasarkan Tabel 3, minuman probiotik non-dairy menunjukkan potensi hipokolesterolemik melalui kombinasi antara aktivitas mikroorganisme fermentatif dan kontribusi bioaktif dari matriks nabati. Pada matriks kedelai, efek perbaikan lipid tampak berkaitan dengan interaksi antara probiotik, protein kedelai, isoflavon, serta komponen tambahan seperti omega-3; hal ini terlihat pada studi susu kedelai probiotik yang menurunkan kolesterol total dan trigliserida pada model tikus diabetes, serta studi klinis susu kedelai + probiotik yang memperbaiki beberapa parameter kardiometabolik pada pasien diabetes melitus tipe 2 (Hasanpour et al., 2023; Sartang et al., 2015). Pada matriks teh, bunga telang, kiwi, dan water kefir, efek penurunan lipid tidak hanya berasal dari mikroba probiotik atau konsorsium fermentasi, tetapi juga dari polifenol, flavonoid, asam organik, serat, dan metabolit hasil fermentasi. Kombucha teh dan kombucha bunga telang, misalnya, menunjukkan efek terhadap profil lipid sekaligus status antioksidan dan mikrobiota usus, sedangkan jus kiwi fermentasi dan water kefir memperlihatkan bahwa matriks buah dan larutan karbohidrat non-dairy dapat menjadi media pembawa probiotik yang fungsional (Permatasari et al., 2022; Rocha-Gomes et al., 2018; Y. Wang et al., 2022; Yang et al., 2009). Hasil tersebut menjadi bukti bahwa pada minuman non-dairy memperkuat konsep bahwa efek anti-kolesterol probiotik sangat dipengaruhi oleh jenis substrat, komposisi fitokimia, dan konsorsium mikroba yang digunakan.

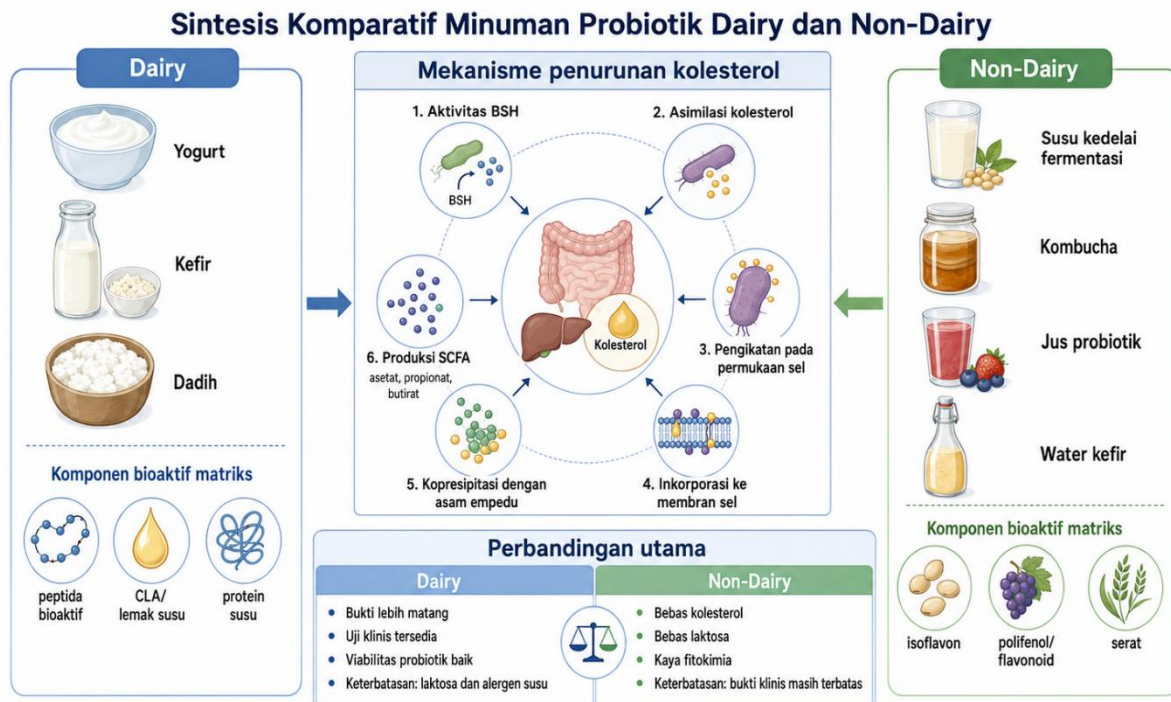
Sintesis Komparatif Dairy dan Non-dairy

Perbandingan antara minuman probiotik dairy dan non-dairy menunjukkan bahwa perbedaan efek hipokolesterolemik tidak dapat dijelaskan hanya dari jenis mikroorganisme. Produk dairy memiliki keunggulan dari sisi kematangan bukti, kestabilan matriks, dan penerimaan sensoris. Yogurt dan kefir telah lama digunakan sebagai carrier probiotik sehingga aspek teknologi, keamanan, dan viabilitasnya relatif lebih mapan. Selain itu, protein susu dapat terhidrolisis selama fermentasi menjadi peptida bioaktif yang berpotensi memengaruhi metabolisme lipid, tekanan darah, dan respons inflamasi (Dahiya & Nigam, 2022; C. Wang et al., 2021).

Sebaliknya, minuman non-dairy menawarkan keunggulan komposisi, terutama karena bebas kolesterol dan mengandung fitokimia bioaktif (Kumar et al., 2022). Susu kedelai, kombucha, dan jus fermentasi dapat menghadirkan efek gabungan antara probiotik dan senyawa nabati. Dalam hal ini,

produk non-dairy sering kali berperilaku seperti sinbiotik alami karena matriksnya menyediakan substrat untuk pertumbuhan mikroba sekaligus komponen yang dapat memodulasi metabolisme inang. Namun, kekuatan bukti non-dairy masih didominasi oleh studi *in vitro* dan *in vivo* hewan. Uji klinis masih terbatas, terutama untuk kombucha, water kefir, dan jus probiotik.

Terdapat tiga poin penting dari sintesis ini. Pertama, kekuatan bukti antara dairy dan non-dairy masih asimetris. Produk dairy memiliki lebih banyak uji klinis, sedangkan non-dairy masih berada pada fase penguatan bukti praklinis. Kedua, matriks memiliki kontribusi besar terhadap efek akhir. Pada produk susu, efek probiotik dapat diperkuat oleh peptida bioaktif dan mineral; pada produk nabati, efek tersebut dapat diperkuat oleh isoflavon, antosianin, flavonoid, dan serat. Ketiga, hasil *in vitro* tidak selalu dapat langsung diterjemahkan menjadi efek *in vivo*. Aktivitas BSH atau kemampuan menghilangkan kolesterol dalam media kultur memang penting sebagai skrining awal, tetapi efektivitas akhir tetap harus dikonfirmasi pada produk jadi melalui model hewan dan uji klinis (Kumar et al., 2022; Singh & Gaur, 2025; C. Wang et al., 2021; Xing et al., 2024). Rangkuman perbandingan mekanisme dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan mekanisme penurunan kolesterol antara minuman probiotik dairy dan non-dairy (dibuat oleh biorender.com)

Perbandingan antara mekanisme produk dairy versus non-dairy perlu diarahkan pada pertanyaan yang lebih spesifik: bukan hanya “produk mana yang lebih baik”, tetapi “kombinasi strain, matriks, dosis, dan populasi target mana yang menghasilkan efek lipid paling konsisten”. Pendekatan ini lebih relevan untuk pengembangan pangan fungsional karena memungkinkan formulasi berbasis bukti, bukan sekadar generalisasi bahwa semua probiotik memiliki efek anti-kolesterol.

Evaluasi Masalah dan Arah Pengembangan Studi Hiperkolesterolemik Minuman Probiotik

Meskipun bukti mengenai potensi hipokolesterolemik minuman probiotik terus berkembang, masih terdapat sejumlah tantangan metodologis. Heterogenitas strain, dosis, jumlah sel hidup, durasi intervensi, desain kontrol, jenis matriks, dan karakteristik subjek membuat hasil antarstudi sulit dibandingkan (Khongrum et al., 2023). Beberapa studi menggunakan produk komersil, sedangkan studi lain menggunakan strain tunggal, kapsul, atau kultur terisolasi. Perbedaan tersebut dapat menyebabkan bias interpretasi ketika hasilnya digeneralisasi sebagai efek “probiotik” secara umum.

Tantangan lain adalah pemisahan kontribusi probiotik dan matriks. Pada yogurt, efek lipid dapat berasal dari probiotik, protein susu, peptida fermentasi, atau perubahan pola diet (Agolino et al., 2024). Pada susu kedelai, efek dapat berasal dari probiotik, isoflavon, protein kedelai, maupun omega-3 jika

difortifikasi. Pada kombucha, efek dapat berasal dari SCOBY, polifenol teh, asam organik, atau metabolit fermentasi (Pujiyanti & Ilmi, 2025). Oleh karena itu, desain penelitian masa depan perlu menggunakan kontrol yang lebih tepat, misalnya matriks non-fermentasi, matriks fermentasi tanpa probiotik hidup, probiotik bebas matriks, dan produk sinbiotik lengkap (Khongrum et al., 2023).

Arah penelitian berikutnya perlu difokuskan pada uji klinis teracak dengan desain terstandar, terutama untuk minuman non-dairy dan produk indigenous seperti dadih. Parameter yang sebaiknya diukur tidak hanya kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida, tetapi juga asam empedu feses, aktivitas BSH, profil SCFA, komposisi mikrobiota usus, penanda inflamasi, dan keamanan konsumsi. Untuk produk lokal Indonesia, dadih dan kombucha berbasis tanaman tropis memiliki peluang besar dikembangkan sebagai pangan fungsional, tetapi memerlukan standarisasi mikroba, mutu produk, stabilitas penyimpanan, dan bukti klinis yang lebih kuat (Agolino et al., 2024; Herlina & Setiarto, 2024; Y. Liu et al., 2025; Nuankham et al., 2024).

Pada dasarnya, minuman probiotik dairy memiliki basis bukti yang lebih matang, sedangkan minuman non-dairy menawarkan fleksibilitas formulasi dan keunggulan komposisi bioaktif (Agolino et al., 2024; Rodríguez-Daza et al., 2021). Keduanya berpotensi sebagai agen pendukung pengelolaan kolesterol, tetapi klaim fungsionalnya harus dibangun berdasarkan bukti spesifik produk, bukan berdasarkan asumsi umum mengenai probiotik. Pendekatan berbasis matriks menjadi penting karena efek hipokolesterolemik pada akhirnya merupakan hasil interaksi antara mikroorganisme probiotik, komponen pangan, dan respons metabolik inang.

4. KESIMPULAN

Minuman probiotik dairy dan non-dairy memiliki potensi sebagai pangan fungsional pendukung pengendalian kolesterol, meskipun kekuatan bukti dan karakteristik mekanismenya berbeda. Produk dairy, seperti yogurt, kefir, dan dadih, menunjukkan dasar ilmiah yang lebih mapan karena telah didukung oleh studi in vivo dan sejumlah uji klinis, terutama melalui mekanisme aktivitas BSH, peningkatan ekskresi asam empedu, serta asimilasi dan pengikatan kolesterol oleh sel probiotik. Sementara itu, minuman probiotik non-dairy, seperti susu kedelai fermentasi, kombucha, jus buah probiotik, dan water kefir, memiliki keunggulan dari sisi komposisi karena bebas kolesterol, bebas laktosa, serta mengandung senyawa fitokimia yang dapat memperkuat aktivitas metabolik probiotik. Namun, klaim hipokolesterolemik pada kelompok non-dairy masih memerlukan penguatan melalui bukti klinis yang lebih konsisten. Dengan demikian, efek penurunan kolesterol pada minuman probiotik tidak dapat hanya dikaitkan dengan keberadaan mikroorganisme, tetapi perlu dipahami sebagai hasil interaksi antara jenis strain, substrat, komponen bioaktif matriks, viabilitas probiotik, dan kondisi metabolik inang. Penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada uji klinis terkontrol dengan formulasi produk yang jelas, dosis probiotik yang terstandar, serta pengukuran profil lipid dan biomarker mekanistik secara lebih komprehensif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, atas dukungan dan bantuan yang diberikan dalam proses penyusunan manuskrip ini.

KEPUSTAKAAN

- Abbasi, A., Sarabi-Aghdam, V., Fathi, M., & Abbaszadeh, S. (2026). Non-Dairy Fermented Probiotic Beverages: A Critical Review on the Production Techniques, Health Benefits, Safety Considerations and Market Trends. *Food Reviews International*, 42(4), 2438–2493. <https://doi.org/10.1080/87559129.2025.2550596>
- Agolino, G., Pino, A., Vaccalluzzo, A., Cristofolini, M., Solieri, L., Caggia, C., & Randazzo, C. L. (2024). Bile salt hydrolase: The complexity behind its mechanism in relation to lowering-cholesterol lactobacilli probiotics. *Journal of Functional Foods*, 120, 106357. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2024.106357>
- Bellikci-Koyu, E., Sarer-Yurekli, B. P., Karagozlu, C., Aydin-Kose, F., Ozgen, A. G., & Buyuktuncer, Z. (2022). Probiotic kefir consumption improves serum apolipoprotein A1 levels in metabolic

- syndrome patients: A randomized controlled clinical trial. *Nutrition Research*, 102, 59–70. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2022.02.006>
- Bhat, B., & Bajaj, B. K. (2020). Multifarious cholesterol lowering potential of lactic acid bacteria equipped with desired probiotic functional attributes. *3 Biotech*, 10(5), 200. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02183-8>
- Concurso, C., Merlino, M., Miller, A., Di Rosa, A. R., Accetta, F., Leonardi, M., Cicero, N., & Gervasi, T. (2025). Developing Novel Plant-Based Probiotic Beverages: A Study on Viability and Physicochemical and Sensory Stability. *Foods*, 14(12), 2148. <https://doi.org/10.3390/foods14122148>
- Dahiya, D., & Nigam, P. S. (2022). Nutrition and Health through the Use of Probiotic Strains in Fermentation to Produce Non-Dairy Functional Beverage Products Supporting Gut Microbiota. *Foods*, 11(18), 2760. <https://doi.org/10.3390/foods11182760>
- Ejtahed, H. S., Mohtadi-Nia, J., Homayouni-Rad, A., Niafar, M., Asghari-Jafarabadi, M., Mofid, V., & Akbarian-Moghari, A. (2011). Effect of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium lactis* on lipid profile in individuals with type 2 diabetes mellitus. *Journal of Dairy Science*, 94(7), 3288–3294. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4128>
- Fathi, Y., Ghodrati, N., Zibaeenezhad, M.-J., & Faghih, S. (2017). Kefir drink causes a significant yet similar improvement in serum lipid profile, compared with low-fat milk, in a dairy-rich diet in overweight or obese premenopausal women: A randomized controlled trial. *Journal of Clinical Lipidology*, 11(1), 136–146. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2016.10.016>
- Fraiz, G. M., Bonifácio, D. B., De Paulo, R. S., Teixeira, C. M., Martino, H. S. D., Barros, F. A. R. D., Milagro, F. I., & Bressan, J. (2025). Benefits of Kombucha Consumption: A Systematic Review of Clinical Trials Focused on Microbiota and Metabolic Health. *Fermentation*, 11(6), 353. <https://doi.org/10.3390/fermentation11060353>
- Hasanpour, A., Babajafari, S., Mazloomi, S. M., & Shams, M. (2023). The effects of soymilk plus probiotics supplementation on cardiovascular risk factors in patients with type 2 diabetes mellitus: A randomized clinical trial. *BMC Endocrine Disorders*, 23(1), 36. <https://doi.org/10.1186/s12902-023-01290-w>
- He, X., Chen, L., Pu, Y., Wang, H., Cao, J., & Jiang, W. (2023). Fruit and vegetable polyphenols as natural bioactive inhibitors of pancreatic lipase and cholesterol esterase: Inhibition mechanisms, polyphenol influences, application challenges. *Food Bioscience*, 55, 103054. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.103054>
- Herlina, V. T., & Setiarto, R. H. B. (2024). From tradition to innovation: Dadih, the Minangkabau tribe's traditional fermented buffalo milk from Indonesia. *Journal of Ethnic Foods*, 11(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s42779-024-00234-6>
- Hsu, C.-K., Liao, J.-W., Chung, Y.-C., Hsieh, C.-P., & Chan, Y.-C. (2004). Xylooligosaccharides and Fructooligosaccharides Affect the Intestinal Microbiota and Precancerous Colonic Lesion Development in Rats. *The Journal of Nutrition*, 134(6), 1523–1528. <https://doi.org/10.1093/jn/134.6.1523>
- Jung, S. M., Haddad, E. H., Kaur, A., Sirirat, R., Kim, A. Y., Oda, K., Rajaram, S., & Sabaté, J. (2021). A Non-Probiotic Fermented Soy Product Reduces Total and LDL Cholesterol: A Randomized Controlled Crossover Trial. *Nutrients*, 13(2), 535. <https://doi.org/10.3390/nu13020535>
- Khongrum, J., Yingthongchai, P., Boonyapranai, K., Wongtanasarasin, W., Aobchey, P., Tateing, S., Prachansuwan, A., Sittthipol, J., Niwasabutra, K., Thaveethapitkul, P., Phapugrangkul, P., & Chonpathompikunlert, P. (2023). Safety and Effects of *Lactobacillus paracasei* TISTR 2593 Supplementation on Improving Cholesterol Metabolism and Atherosclerosis-Related Parameters in Subjects with Hypercholesterolemia: A Randomized, Double-Blind, Placebo-Controlled Clinical Trial. *Nutrients*, 15(3), 661. <https://doi.org/10.3390/nu15030661>
- Koh, W. Y., Lim, X. X., Tan, T.-C., Kobun, R., & Rasti, B. (2022). Encapsulated Probiotics: Potential Techniques and Coating Materials for Non-Dairy Food Applications. *Applied Sciences*, 12(19), 10005. <https://doi.org/10.3390/app121910005>
- Kumar, D., Lal, M. K., Dutt, S., Raigond, P., Changan, S. S., Tiwari, R. K., Chourasia, K. N., Mangal, V., & Singh, B. (2022). Functional Fermented Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics from Non-Dairy Products: A Perspective from Nutraceutical. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(14), 2101059. <https://doi.org/10.1002/mnfr.202101059>

- Laila, S., Sukmawinata, E., Putri, F., Akbar, I., Zahra, L., Agungpriyono, S., Cahyaningsih, U., & Wresdiyati, T. (2024). Ampiang-Dadih-a combination of Indonesian traditional fermented buffalo milk and black glutinous rice–prevents hypercholesterolemia and liver cell degeneration in vivo: A pilot study. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 11(2), 275. <https://doi.org/10.5455/javar.2024.k773>
- Liu, Y., Kuang, W., Li, M., Wang, Z., Liu, Y., Zhao, M., Huan, H., & Yang, Y. (2025). Cholesterol-Lowering Mechanism of Lactobacillus Bile Salt Hydrolase Through Regulation of Bifidobacterium pseudolongum in the Gut Microbiota. *Nutrients*, 17(18), 3019. <https://doi.org/10.3390/nu17183019>
- Liu, Z., Vincken, J.-P., & De Bruijn, W. J. C. (2022). Tea phenolics as prebiotics. *Trends in Food Science & Technology*, 127, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.06.007>
- Lye, H.-S., Rahmat-Ali, G. R., & Liong, M.-T. (2010). Mechanisms of cholesterol removal by lactobacilli under conditions that mimic the human gastrointestinal tract. *International Dairy Journal*, 20(3), 169–175. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.10.003>
- Lye, H.-S., Rusul, G., & Liong, M.-T. (2010). Removal of cholesterol by lactobacilli via incorporation and conversion to coprostanol. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1383–1392. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2574>
- Ma, C., Zhang, S., Lu, J., Zhang, C., Pang, X., & Lv, J. (2019). Screening for Cholesterol-Lowering Probiotics from Lactic Acid Bacteria Isolated from Corn Silage Based on Three Hypothesized Pathways. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(9), 2073. <https://doi.org/10.3390/ijms20092073>
- Mann, G. V., & Spoerry, A. (1974). Studies of a surfactant and cholesteremia in the Maasai. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 27(5), 464–469. <https://doi.org/10.1093/ajcn/27.5.464>
- Mirjalili, M., Salari Sharif, A., Sangouni, A. A., Emthiaz, H., & Mozaffari-Khosravi, H. (2023). Effect of probiotic yogurt consumption on glycemic control and lipid profile in patients with type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Clinical Nutrition ESPEN*, 54, 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2023.01.014>
- Natasha, Nurul Ilmi, A., & Sri Pujiyanti, A. (2025). Mini Review: Pengaruh Variasi Gula Dan Waktu Fermentasi Dalam Optimalisasi Proses Fermentasi Kombucha. *Bioprospek: Jurnal Ilmiah Biologi*, 17(2), 40–51. <https://doi.org/10.30872/5yez5565>
- Nuankham, K., Sitdhipol, J., Chonpathompikunlert, P., Khongrum, J., Kittichaiworakul, R., Noisagul, P., Thongkumkoon, P., Kampoun, T., & Dissook, S. (2024). Impact of Lactocaseibacillus (Lactobacillus) paracasei sup. paracasei TISTR 2593 Probiotic Supplementation on the Gut Microbiome of Hypercholesterolemia Patients: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients*, 16(17), 2916. <https://doi.org/10.3390/nu16172916>
- Nurliyani, Harmayani, E., & Sunarti. (2018). Goat Milk Kefir Supplemented with Porang Glucomannan Improves Lipid Profile and Haematological Parameter in Rat Fed High Fat and High Fructose Diet. *Romanian Journal of Diabetes Nutrition and Metabolic Diseases*, 25(1), 11–21. <https://doi.org/10.2478/rjdnmd-2018-0002>
- Ooi, L.-G., & Liong, M.-T. (2010). Cholesterol-Lowering Effects of Probiotics and Prebiotics: A Review of in Vivo and in Vitro Findings. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(6), 2499–2522. <https://doi.org/10.3390/ijms11062499>
- Patial, S., Sharma, A., Raj, K., & Shukla, G. (2025). Selection and potential of cholesterol-lowering indigenous probiotic: Insights from in vitro and in vivo study. *Scientific Reports*, 15(1), 38051. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-21823-8>
- Pato, U., Surono, I. S., Koesnandar, & Hosono, A. (2004). Hypocholesterolemic Effect of Indigenous Dadih Lactic Acid Bacteria by Deconjugation of Bile Salts. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17(12), 1741–1745. <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.1741>
- Permatasari, H. K., Nurkolis, F., Gunawan, W. B., Yusuf, V. M., Yusuf, M., Kusuma, R. J., Sabrina, N., Muharram, F. R., Taslim, N. A., Mayulu, N., Batubara, S. C., Samtiya, M., Hardinsyah, H., & Tsopmo, A. (2022). Modulation of gut microbiota and markers of metabolic syndrome in mice on cholesterol and fat enriched diet by butterfly pea flower kombucha. *Current Research in Food Science*, 5, 1251–1265. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.08.005>

- Pujiyanti, A. S., & Ilmi, A. N. (2025). Potensi Antioksidan Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea*) sebagai Minuman Fungsional. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 7(2), 258–269. <https://doi.org/10.30997/jiph.v7i2.19537>
- Rahmani, F., Gandomi, H., Noori, N., Faraki, A., & Farzaneh, M. (2021). Microbial, physiochemical and functional properties of probiotic yogurt containing *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* enriched by green tea aqueous extract. *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5536–5545. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2512>
- Rocha-Gomes, A., Escobar, A., Soares, J. S., Silva, A. A. D., Dessimoni-Pinto, N. A. V., & Riul, T. R. (2018). Chemical composition and hypocholesterolemic effect of milk kefir and water kefir in Wistar rats. *Revista de Nutrição*, 31(2), 137–145. <https://doi.org/10.1590/1678-98652018000200001>
- Rodríguez-Daza, M. C., Pulido-Mateos, E. C., Lupien-Meilleur, J., Guyonnet, D., Desjardins, Y., & Roy, D. (2021). Polyphenol-Mediated Gut Microbiota Modulation: Toward Prebiotics and Further. *Frontiers in Nutrition*, 8, 689456. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.689456>
- Salari, A., Ghodrat, S., Gheflati, A., Jarahi, L., Hashemi, M., & Afshari, A. (2021). Effect of kefir beverage consumption on glycemic control: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Complementary Therapies in Clinical Practice*, 44, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2021.101443>
- Sartang, M. M., Mazloomi, S. M., Tanideh, N., & Rezaian Zadeh, A. (2015). The Effects of Probiotic Soymilk Fortified with Omega-3 on Blood Glucose, Lipid Profile, Haematological and Oxidative Stress, and Inflammatory Parameters in Streptozotocin Nicotinamide-Induced Diabetic Rats. *Journal of Diabetes Research*, 2015, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2015/696372>
- Sefidgari-Abrasi, S., Rahimiyan-Heravan, M., Amiran, V., Navval-Esfahlan, E., & Saghafi-Asl, M. (2025). The Effects of Probiotics Consumption on Blood Pressure, Lipid Profile, Glycemic Indices, and Inflammatory Parameters in Overweight and Obese Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Food Science & Nutrition*, 13(8), e70434. <https://doi.org/10.1002/fsn3.70434>
- Singh, N., & Gaur, S. (2025). Investigating the Antioxidative and Antihypertensive Properties of Milk-Derived Bioactive Peptides Fermented by Lactic Acid Bacteria. *Food Safety and Health*, 3(4), 598–612. <https://doi.org/10.1002/fsh3.70022>
- St-Onge, M.-P., Farnworth, E. R., Savard, T., Chabot, D., Mafu, A., & Jones, P. J. (2002). Kefir consumption does not alter plasma lipid levels or cholesterol fractional synthesis rates relative to milk in hyperlipidemic men: A randomized controlled trial [ISRCTN10820810]. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 2(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-2-1>
- Tjandrawinata, R. R., Kartawijaya, M., & Hartanti, A. W. (2022). In vitro Evaluation of the Anti-hypercholesterolemic Effect of *Lactobacillus* Isolates from Various Sources. *Frontiers in Microbiology*, 13, 825251. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.825251>
- Tomaro-Duchesneau, C., Jones, M. L., Shah, D., Jain, P., Saha, S., & Prakash, S. (2014). Cholesterol Assimilation by *Lactobacillus* Probiotic Bacteria: An *In Vitro* Investigation. *BioMed Research International*, 2014, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2014/380316>
- Tsai, C.-C., Lin, P.-P., Hsieh, Y.-M., Zhang, Z., Wu, H.-C., & Huang, C.-C. (2014). Cholesterol-Lowering Potentials of Lactic Acid Bacteria Based on Bile-Salt Hydrolase Activity and Effect of Potent Strains on Cholesterol Metabolism *In Vitro* and *In Vivo*. *The Scientific World Journal*, 2014, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2014/690752>
- Universitas Muslim Indonesia, Fawwaz, M., Natalisnawati, A., Universitas Muslim Indonesia, Baits, M., & Universitas Muslim Indonesia. (2017). Determination of Isoflavon Aglicone in Extract of Soymilk and Tempeh. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 6(3), 152–158. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2017.006.03.6>
- Wang, C., Li, S., Xue, P., Yu, L., Tian, F., Zhao, J., Chen, W., Xue, Y., & Zhai, Q. (2021). The effect of probiotic supplementation on lipid profiles in adults with overweight or obesity: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Functional Foods*, 86, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104711>
- Wang, Y., Li, H., Ren, Y., Wang, Y., Ren, Y., Wang, X., Yue, T., Wang, Z., & Gao, Z. (2022). Preparation, model construction and efficacy lipid-lowering evaluation of kiwifruit juice

- fermented by probiotics. *Food Bioscience*, 47, 101710. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101710>
- Xing, S., Zhang, X., Mu, T., Cao, J., Zhao, K., Han, B., & Peng, X. (2024). Goat Milk Protein-Derived ACE Inhibitory Peptide SLPQ Exerts Hypertension Alleviation Effects Partially by Regulating the Inflammatory Stress of Endothelial Cells. *Foods*, 13(21), 3392. <https://doi.org/10.3390/foods13213392>
- Yang, Z., Ji, B., Zhou, F., Li, B., Luo, Y., Yang, L., & Li, T. (2009). Hypocholesterolaemic and antioxidant effects of kombucha tea in high-cholesterol fed mice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(1), 150–156. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3422>
- Yilmaz, B., Alvanoudi, P., Kalogeropoulou, A., Santa, D., Bulmuş-Tüccar, T., Nikolaou, A., Moreno-Indias, I., Ruiz-Limon, P., Gutiérrez-Repiso, C., Hillesheim, E., Meslier, V., Mayo, B., Malagon, J., Chassard, C., Praćer, S., Vergeres, G., & Mantzouridou, F. T. (2025). Fermented dairy product consumption and blood lipid levels in healthy adults: A systematic review. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1651134. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1651134>
- Yilmaz, I., & Arslan, B. (2022). The effect of kefir consumption on the lipid profile for individuals with normal and dyslipidemic properties: A randomized controlled trial. *Revista de Nutrição*, 35, e210098. <https://doi.org/10.1590/1678-9865202235e210098>
- Zhong, H., Wang, L., Jia, F., Yan, Y., Xiong, F., Hidayat, K., & Li, Y. (2024). Effect of Probiotic Fermented Milk Supplementation on Glucose and Lipid Metabolism Parameters and Inflammatory Markers in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Biology*, 13(8), 641. <https://doi.org/10.3390/biology13080641>