

Probiotic Gummies for Improving Gut Microbiota and Nutritional Status in Stunted Children: A Narrative Review

Agustina Rusmayanti*, Ahsanal Kasasiah, Khaeru Irgi

Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Jawa Barat, Indonesia;

Article History

Received : September 16th, 2025

Revised : October 23th, 2025

Accepted : November 20th, 2025

*Corresponding Author:

Agustina Rusmayanti,

Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas

Singaperbangsa Karawang,

Karawang, Jawa Barat, Indonesia;

Email:

2310631210024@student.unsika.ac.id

Abstract: Stunting remains a major nutritional problem in Indonesia and is often linked to gut microbiota imbalance that can limit nutrient absorption and weaken intestinal function. This article reviews evidence on how probiotics can support gut health and examines the potential of gummy formulations that children can consume easily. The review process used Publish or Perish to search scientific articles from 2016 to 2025 in Google Scholar, PubMed and Scopus. Titles, abstracts and full texts were screened to ensure relevance. A total of 17 studies were included in the analysis. The findings show that probiotics can increase SCFA-producing bacteria, improve the gut mucosal barrier and support the absorption of minerals such as calcium and iron. Several studies also report better digestive comfort and improved microbiota diversity after probiotic intake. Probiotic gummies show good stability, maintain viable cells and are well accepted by children, which makes them a practical delivery system. The evidence from these 17 studies suggests that probiotic gummies have potential to support gut health and contribute to stunting prevention. Longer studies are still needed to measure their direct impact on child growth and guide future nutritional interventions.

Keywords: gut microbiota, probiotic gummy, probiotics, stunting.

Pendahuluan

Stunting masih menjadi permasalahan besar dalam kesehatan masyarakat di Indonesia. Berdasarkan hasil analisis Survei Status Gizi Indonesia (SSGI) tahun 2024, prevalensi stunting nasional menurun menjadi 19,8%, sedikit lebih rendah dari proyeksi Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) sebesar 20,1%. Meskipun penurunan ini merupakan perkembangan positif, kondisi tersebut menunjukkan bahwa upaya penanggulangan stunting masih perlu diperkuat secara berkelanjutan. Tantangan ke depan adalah mempertahankan tren penurunan ini serta mempercepat pencapaian target Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) 2045, sehingga prevalensi stunting dapat terus ditekan hingga mencapai tingkat yang tidak lagi menjadi masalah kesehatan masyarakat (Kementerian Kesehatan RI, 2025).

Stunting merupakan kondisi gangguan

pertumbuhan linear yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk asupan gizi, infeksi berulang, dan kondisi lingkungan (WHO, 2015). Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian ilmiah semakin meningkat terhadap peran mikrobiota usus dalam mendukung pertumbuhan anak (Masrul et al., 2020; Mostafa et al., 2024; Suroño et al., 2024). Mikrobiota berperan dalam metabolisme dan penyerapan nutrisi serta mendukung fungsi imun di saluran cerna, sehingga perubahan komposisinya dapat memengaruhi efisiensi pemanfaatan zat gizi dan berdampak pada pertumbuhan anak (Rahayu et al., 2021; Kamil et al., 2022; Rahayu et al., 2024; Rinanda et al., 2023; Sri Hastuti et al., 2025; Suroño et al., 2025).

Penelitian menunjukkan bahwa komposisi mikrobiota usus pada anak stunting berbeda dengan anak non-stunting. Pada studi di Nusa Tenggara Timur, Suroño et al. (2025) melaporkan bahwa meskipun tidak terdapat

perbedaan bermakna antar-kelompok yang diberikan perlakuan untuk memodulasi komposisi mikrobiota usus, tetap terjadi perubahan kelimpahan relatif beberapa taksa mikrobiota yang berhubungan dengan peningkatan ukuran antropometrik anak saat sebelum dan sesudah diberikan perlakuan. Temuan ini mengindikasikan bahwa dinamika mikrobiota usus dapat mencerminkan proses pemulihan pertumbuhan.

Temuan serupa juga dilaporkan oleh Rinanda et al. (2023) dalam studi kasus-kontrol di Aceh, di mana anak stunting menunjukkan pola disbiosis dengan dominasi *Firmicutes* dibanding *Bacteroidetes*, serta peningkatan ekspresi gen virulensi enterik. Kondisi ini berkorelasi negatif dengan tinggi badan dan kadar *insulin-like growth factor-1* (IGF-1). Secara keseluruhan, bukti ini menguatkan hipotesis bahwa perubahan keseimbangan komposisi mikroba usus memiliki hubungan erat dengan gangguan pertumbuhan pada anak.

Berbagai penelitian kemudian menyoroti intervensi probiotik sebagai salah satu strategi potensial untuk memodulasi komposisi mikrobiota usus. Beberapa studi melaporkan bahwa pemberian probiotik dapat meningkatkan proporsi bakteri penghasil *short-chain fatty acids* (SCFA), yang berperan penting dalam kesehatan usus dan metabolisme energi. Penelitian yang dilakukan Kamil et al. (2022) menemukan bahwa pemberian probiotik dalam bentuk *gummy* pada anak dapat mengubah komposisi mikrobiota menuju taksa yang berhubungan dengan metabolisme SCFA. Selain itu, penelitian oleh Rahayu et al. (2024) pada sediaan coklat probiotik menunjukkan peningkatan proporsi *Bacteroidetes* dan perubahan komposisi komunitas mikroba setelah intervensi.

Bukti serupa juga muncul pada bentuk sediaan lain. Probiotik dalam sediaan susu fermentasi terbukti mampu mempertahankan viabilitas probiotik selama transit gastrointestinal (Hastuti et al., 2025), dan sediaan bubuk probiotik pada dewasa overweight menghasilkan pergeseran komunitas mikrobiota tanpa perubahan signifikan pada pH feses maupun konsentrasi SCFA (Rahayu et al., 2021). Temuan-temuan ini memperkuat bahwa probiotik efektif dalam mengubah komposisi mikrobiota usus, baik

pada populasi anak maupun dewasa, dengan potensi implikasi terhadap kesehatan metabolik dan pertumbuhan.

Di antara berbagai bentuk sediaan probiotik yang telah dikembangkan, *gummy* memiliki potensi untuk menjadi intervensi yang efektif dalam memodulasi mikrobiota usus dan mendukung status gizi anak, karena bentuknya yang mudah dikonsumsi, memiliki tingkat penerimaan tinggi, serta mampu melindungi sel probiotik melalui matriks padat elastis yang menjaga kestabilan selama penyimpanan dan transit gastrointestinal. Studi oleh Kamil et al. (2022) menunjukkan bahwa pemberian probiotik dalam bentuk *gummy* selama 50 hari pada anak dengan malnutrisi ringan dapat mengubah komposisi mikrobiota menuju peningkatan taksa penghasil SCFA, yang berperan penting dalam metabolisme energi dan perbaikan pertumbuhan.

Selain itu, Toejing et al. (2021) melaporkan bahwa suplementasi probiotik pada pasien diabetes tipe 2 meningkatkan proporsi bakteri menguntungkan dan menurunkan bakteri patogen, disertai peningkatan kadar SCFA serta perbaikan glikemia dan penanda inflamasi melalui modulasi mikrobiota usus. Hasain et al. (2022) juga menemukan peningkatan signifikan *Bifidobacterium adolescentis* setelah suplementasi multi-strain probiotik pada wanita pasca-diabetes gestasional, yang berhubungan dengan perbaikan profil metabolik dan inflamasi. Temuan-temuan ini memperkuat bahwa probiotik dalam bentuk *gummy* tidak hanya mempertahankan viabilitas selama transit gastrointestinal, tetapi juga berpotensi memodulasi mikrobiota usus secara bermakna, baik pada populasi anak maupun dewasa, sehingga menjadikannya alternatif yang aplikatif untuk mendukung kesehatan usus dan pertumbuhan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel tinjauan ini bertujuan untuk membahas bagaimana probiotik, khususnya dalam bentuk sediaan *gummy*, dapat memengaruhi dan mengubah komposisi mikrobiota usus pada anak stunting. Kajian ini disusun untuk menjawab isu-isu yang terangkum dalam kerangka analisis penelitian, meliputi karakteristik mikrobiota pada anak stunting dibandingkan anak non stunting, potensi

probiotik dalam memperbaiki keseimbangan mikrobiota usus, serta potensi sediaan *gummy* probiotik sebagai bentuk intervensi gizi yang efektif, aman, dan dapat diterima anak dalam mendukung pemulihan pertumbuhan.

Metode

Artikel ini merupakan *narrative review* yang disusun untuk meninjau dan mensintesis temuan ilmiah mengenai potensi sediaan *gummy* probiotik dalam mendukung kesehatan usus dan meningkatkan status gizi sebagai bagian dari upaya pencegahan stunting. Pengumpulan literatur dilakukan pada bulan September sampai Oktober 2025 menggunakan perangkat lunak Publish or Perish dengan sumber data dari Google Scholar, PubMed, dan Scopus. Kata kunci yang digunakan, yaitu “*gut microbiota*”, “*probiotic gummy*”, “*probiotics*”, dan “*stunting*”. Populasi literatur mencakup artikel ilmiah yang membahas probiotik, mikrobiota usus, kesehatan pencernaan anak, dan sediaan *gummy* sebagai bentuk penghantaran probiotik. Sampel ditentukan berdasarkan artikel yang muncul dari pencarian kata kunci dan memenuhi kriteria seleksi. Proses identifikasi dilakukan melalui penyaringan judul, abstrak, dan naskah penuh untuk memastikan kesesuaian dengan topik *review*.

Kriteria inklusi meliputi:

1. Artikel penelitian asli atau review yang diterbitkan pada periode 2016–2025,
2. Ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, dan
3. Tersedia dalam bentuk *full-text* dan dapat diakses.

Kriteria eksklusi mencakup:

1. Artikel yang tidak tersedia dalam teks penuh,
2. Publikasi yang berusia lebih dari sepuluh tahun, dan

3. Skripsi, tesis, disertasi, laporan kasus, editorial, dan artikel non-riset.

Data dari artikel yang lolos seleksi diekstraksi dan dianalisis secara deskriptif kualitatif. Analisis dilakukan dengan mengelompokkan temuan berdasarkan tema, membandingkan pola hasil antar studi, dan merangkum potensi probiotik dalam bentuk *gummy* sebagai penghantaran yang stabil, mudah diterima anak, dan relevan untuk mendukung kesehatan usus. Sebanyak 17 artikel memenuhi kriteria dan diikutkan dalam ulasan ini.

Hasil dan Pembahasan

Sebagai dasar pembahasan, artikel yang ditelaah dikumpulkan dari penelusuran literatur berbasis data ilmiah dan seleksi mandiri atas studi yang relevan dengan topik probiotik, mikrobiota usus, serta intervensi gizi pada anak stunting maupun populasi umum. Fokus penapisan diarahkan pada artikel penelitian asli berbahasa Indonesia atau Inggris yang terbit pada rentang tahun 2016 – 2025, dengan luaran yang menyinggung kesehatan usus, produksi SCFA, penyerapan zat gizi makro maupun mikro, atau indikator pertumbuhan (Tabel 1). Berdasarkan studi-studi yang telah dikumpulkan, penelitian terkait probiotik dan mikrobiota usus dapat dikelompokkan ke dalam empat bidang utama, meliputi: mekanisme probiotik dan postbiotik terhadap fungsi mukosa dan produksi SCFA, pengaruhnya terhadap penyerapan nutrisi, kajian klinis mengenai komposisi mikrobiota pada anak stunting, serta pengembangan formulasi probiotik inovatif seperti *gummy* yang diformulasikan untuk menjaga viabilitas dan meningkatkan penerimaan konsumen.

Tabel 1. Ringkasan studi yang termasuk dalam tinjauan ini

No	Peneliti (Tahun)	Desain dan Penelitian	Fokus	Populasi /Subjek	Hasil Utama
1	Garcia-Gonzalez et al. (2018)	Studi in vitro yang meneliti mekanisme adhesi dan efek imunomodulator bakteri asam laktat terhadap epitel usus manusia.		Model sel epitel usus manusia	Bakteri berikatan dengan mukosa dan menurunkan IL-8, membantu menjaga keseimbangan imun dan absorpsi.
2	Gao et al. (2019)	Studi molekuler in vitro yang mengevaluasi pengaruh		Model sel epitel usus	Postbiotik meningkatkan ekspresi protein MUC2 dan ZO-1, memperkuat

		postbiotik terhadap integritas barier mukosa usus.		tight junction dan mencegah kebocoran mukosa.
3	Nagpal et al. (2018)	Uji intervensi yang menilai efek probiotik terhadap ekologi mikrobiota dan produksi SCFA.	Manusia	Probiotik meningkatkan taksa penghasil SCFA dan fermentasi karbohidrat kompleks.
4	Cornes et al. (2022)	Uji klinis yang mengukur efek konsumsi sinbiotik terhadap absorpsi kalsium.	Dewasa sehat	Yogurt sinbiotik dengan inulin meningkatkan absorpsi kalsium dibanding kontrol.
5	Hoppe et al. (2017)	Studi intervensi yang menilai efek probiotik terhadap bioavailabilitas zat besi.	Dewasa	Pemberian probiotik meningkatkan penyerapan zat besi bersama makanan.
6	Ratnayani et al. (2024)	Studi <i>cross-sectional</i> yang membandingkan komposisi mikrobiota antara anak stunting dan non-stunting.	Anak usia 2–5 tahun di Jakarta	Stunting didominasi <i>Mitsuokella</i> dan <i>Alloprevotella</i> , non-stunting oleh <i>Blautia</i> dan <i>Akkermansia</i> .
7	Rinanda et al. (2023)	Studi <i>case-control</i> yang menilai hubungan disbiosis usus dengan kadar IGF-1 pada anak stunting.	Anak di Pidie, Aceh	Stunting menunjukkan dominasi <i>Firmicutes</i> dan penurunan <i>Bacteroidetes</i> dengan kadar IGF-1 rendah.
8	Amimo et al. (2025)	Studi observasional yang membandingkan profil mikrobiota anak sehat dan stunting di negara berkembang.	Anak usia 12–24 bulan di Kenya	Anak sehat didominasi <i>Actinobacteria</i> , sedangkan anak stunting oleh <i>Proteobacteria</i> .
9	Hastuti et al. (2025)	Uji intervensi terhadap konsumsi susu fermentasi probiotik dan dampaknya pada mikrobiota usus.	30 dewasa sehat (Indonesia)	Peningkatan signifikan bakteri probiotik setelah 10–20 hari konsumsi, bertahan setelah penghentian.
10	Rahayu et al. (2021)	Uji intervensi yang mengevaluasi efek sediaan bubuk probiotik terhadap komposisi mikrobiota dan status metabolik.	Dewasa overweight	Meningkatkan <i>Bacteroidetes</i> dan menurunkan <i>Firmicutes</i> , disertai penurunan berat badan.
11	Rahayu et al. (2024)	Intervensi 100 hari dengan sediaan coklat probiotik untuk menilai efek terhadap mikrobiota anak bergizi kurang.	Anak-anak di Lombok	Terjadi perubahan signifikan pada komposisi mikrobiota dan pH feses menuju keseimbangan lebih baik.
12	Surono et al. (2025)	Uji klinis acak terkontrol paralel selama enam bulan untuk menilai efek probiotik dan postbiotik dalam susu UHT terhadap pertumbuhan anak.	200 anak usia 3–5 tahun di NTT	Tidak ada perbedaan signifikan pertumbuhan antar-kelompok; postbiotik lebih stabil di iklim tropis.
13	Kamil et al. (2021)	Studi formulasi <i>gummy</i> probiotik yang menilai ketahanan sel terhadap simulasi saluran cerna dan masa simpan.	Formulasi in vitro	<i>Gummy</i> mempertahankan viabilitas probiotik selama simulasi GI dan 75 hari pada suhu 4°C.
14	Kamil et al. (2022)	Uji intervensi 50 hari terhadap efek konsumsi <i>gummy</i> probiotik pada anak dengan malnutrisi ringan.	Anak-anak (Indonesia)	Peningkatan bakteri penghasil SCFA dan perbaikan parameter antropometri.

15	Silva <i>et al.</i> (2020)	Studi formulasi <i>gummy</i> probiotik berbasis gelatin, WPI, dan xylitol, untuk mengevaluasi stabilitas dan efek antikariogenik.	Formulasi in vitro	Viabilitas probiotik 98% pada simulasi GI, serta penghambatan pertumbuhan <i>S. mutans</i> hingga 98%.
16	Kareem et al. (2024)	Studi formulasi <i>Healthy Gummy Candy</i> (HGC) dengan enkapsulasi probiotik berbasis alginat–kitosan.	Formulasi in vitro	Efisiensi enkapsulasi 88,16%, viabilitas 55,42% selama 48 hari, aktivitas antioksidan tinggi (91%).
17	Lele et al. (2018)	Studi formulasi <i>gummy</i> probiotik menggunakan <i>psyllium husk</i> dan <i>apple pomace</i> sebagai bahan serat alami pelindung.	Formulasi in vitro	Kombinasi bahan alami mempertahankan >6 log CFU/g selama 30 hari dan meningkatkan aktivitas antioksidan.

Mekanisme Probiotik terhadap Integritas Mukosa dan Absorpsi Nutrien

Efek probiotik berawal dari kemampuan menempel pada sel epitel usus, karena adhesi menjadi prasyarat untuk memberi dampak biologis di permukaan mukosa. Pada model sel manusia, bakteri asam laktat pangan menunjukkan ikatan pada epitel dan mucin serta menurunkan pelepasan IL-8 ketika sel dirangsang, yang mengindikasikan peredaman sinyal inflamasi awal di lokasi adhesi. Secara fungsional, kombinasi adhesi dan peredaman IL-8 ini mengurangi peluang patogen berikatan di permukaan usus dan membantu mempertahankan lingkungan mukosa yang mendukung proses absorpsi (Garcia-Gonzalez et al., 2018).

Selain melalui kompetisi tempat lekat, postbiotik atau komponen bioaktif yang dihasilkan probiotik turut memperkuat barier usus melalui mekanisme molekuler. Postbiotik dapat meningkatkan ekspresi mukin intestinal (MUC2) serta menstabilkan protein tight junction seperti *zonula occludens-1* (ZO-1), sehingga memperkuat integritas epitel dan mencegah peningkatan permeabilitas mukosa. Selain itu, postbiotik mampu menghambat kerusakan barier akibat paparan mediator inflamasi seperti lipopolisakarida (LPS) dan *tumor necrosis factor-α* (TNF-α). Melalui efek-efek ini, postbiotik berperan penting dalam menjaga homeostasis mukosa usus dan mencegah translokasi mikroba yang dapat memicu peradangan sistemik (Gao et al., 2019).

Intervensi probiotik juga memodulasi ekologi mikrobiota ke arah taksa yang efisien memfermentasi karbohidrat kompleks sehingga meningkatkan produksi SCFA pada uji manusia

berbasis koktail probiotik asal manusia (Nagpal et al., 2018). Penelitian lain yang dilakukan oleh Cornes et al. (2022) melaporkan bahwa konsumsi harian jangka pendek yogurt sinbiotik yang mengandung probiotik dan sejumlah kecil inulin, apabila didukung oleh pola makan yang mendukung aktivitas mikrobiota usus, dapat meningkatkan absorpsi kalsium dibandingkan dengan yogurt kontrol. Rentang waktu perbedaan yang signifikan menunjukkan bahwa efek ini terutama terjadi di usus besar. Selain itu, hasil yang dilaporkan oleh Hoppe et al. (2017) semakin memperkuat bukti bahwa probiotik dapat meningkatkan penyerapan zat besi ketika dikonsumsi bersamaan dengan makanan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa suplementasi probiotik tertentu dapat menjadi strategi potensial untuk meningkatkan bioavailabilitas mineral pada individu dengan kebutuhan zat besi tinggi.

Secara keseluruhan, mekanisme probiotik dalam menjaga fungsi mukosa dan meningkatkan penyerapan nutrien melibatkan interaksi sinergis antara kemampuan adhesi pada epitel, produksi metabolit seperti SCFA, serta peningkatan bioavailabilitas mineral melalui perbaikan ekologi mikrobiota usus. Dengan demikian, probiotik berperan tidak hanya dalam mempertahankan integritas saluran cerna, tetapi juga dalam mendukung status gizi melalui optimasi proses absorpsi di usus.

Perbedaan Komposisi Mikrobiota Usus pada Anak Stunting dan Non Stunting

Komposisi mikrobiota usus pada anak dapat berbeda secara signifikan tergantung pada status gizi, lingkungan, serta faktor sosiodemografis. Ketidakseimbangan komunitas

mikroba ini sering dikaitkan dengan gangguan pertumbuhan seperti stunting (Amimo et al., 2025; Ratnayani et al., 2024; Rinanda et al., 2023). Beberapa studi telah membandingkan profil mikrobiota usus antara anak stunting dan non-stunting untuk mengidentifikasi pola bakteri yang mungkin berperan dalam kondisi tersebut.

Penelitian yang dilakukan di Indonesia oleh Ratnayani et al. (2024) melaporkan bahwa pada anak usia 2–5 tahun di permukiman kumuh Jakarta, kelompok stunting lebih banyak mengandung *Mitsuokella* dan *Alloprevotella*, sedangkan non-stunting didominasi *Blautia*, keluarga Lachnospiraceae, *Bilophila*, dan *Monoglobus*. Pada level spesies, stunting lebih tinggi *Providencia alcalifaciens*, sementara non-stunting lebih tinggi *Akkermansia muciniphila*, *Odoribacter splanchnicus*, dan *Bacteroides clarus*. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rinanda et al. (2023) di Pidie, Aceh, studi kasus-kontrol menunjukkan bahwa anak stunting memiliki kadar IGF-1 serum yang lebih rendah dibanding anak normal, serta komposisi mikrobiota usus yang didominasi oleh *Firmicutes* dengan penurunan proporsi *Bacteroidetes*. Profil mikrobiota mereka juga memperlihatkan peningkatan kelimpahan genera oportunistik seperti *Blautia*, *Dorea*, dan *Streptococcus*, serta penurunan genera penghasil SCFA seperti *Prevotella* dan *Butyrivibrio*. Selain itu, ekspresi gen virulensi patogen enterik seperti *E. coli* (aaiC, estA, eaeA, ipaH3) dan *Salmonella enterica* (ompC) ditemukan lebih tinggi pada anak stunting, yang berkorelasi negatif dengan tinggi badan dan kadar IGF-1. Sebagai pembanding lintas-negara, penelitian yang dilakukan oleh Amimo et al. (2025) di Kenya melaporkan bahwa komposisi bakteri pada balita (usia 12 – 24 bulan) juga berbeda di mana *Actinobacteria* paling dominan pada anak sehat, sedangkan *Proteobacteria* mendominasi pada anak stunting.

Bentuk Sediaan Penghantar Probiotik yang Telah Diuji dalam Berbagai Penelitian

Beragam penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas probiotik terhadap keseimbangan mikrobiota usus dengan menggunakan berbagai bentuk sediaan. Pendekatan ini penting karena bentuk sediaan dapat memengaruhi viabilitas, kestabilan, serta kemampuan probiotik bertahan di saluran cerna

(Kamil et al., 2022; Rahayu et al., 2021; Rahayu et al., 2024; Hastuti et al., 2025; Surono et al., 2025).

Penelitian yang dilakukan oleh Hastuti et al. (2025) menggunakan sediaan susu fermentasi yang mengandung probiotik dan diberikan kepada tiga puluh orang dewasa sehat di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan jumlah bakteri probiotik setelah 10–20 hari konsumsi, bahkan masih terdeteksi dalam feses meskipun konsumsi dihentikan.

Selanjutnya, Rahayu et al. (2021) meneliti sediaan bubuk probiotik dan melaporkan adanya peningkatan proporsi *Bacteroidetes*, khususnya genus *Prevotella*, serta penurunan *Firmicutes* setelah konsumsi. Selain perubahan komposisi mikrobiota, intervensi ini juga disertai penurunan bermakna berat badan dan indeks massa tubuh (IMT) yang menunjukkan adanya hubungan antara modifikasi mikrobiota dengan status metabolik tubuh.

Dalam penelitian berikutnya, Rahayu et al. (2024) menggunakan sediaan cokelat probiotik pada anak-anak bergizi kurang di Lombok selama 100 hari. Hasil intervensi menunjukkan adanya perubahan signifikan pada komposisi mikrobiota usus dan pH feses, yang menandakan peran probiotik dalam menjaga keseimbangan mikrobiota pada populasi anak dengan status gizi kurang. Masih pada populasi anak, Surono et al. (2025) mengevaluasi sediaan susu cokelat UHT yang mengandung postbiotik, yaitu komponen bioaktif dari probiotik. Intervensi selama enam bulan di Nusa Tenggara Timur menunjukkan penurunan taksa berpotensi patogen seperti *Escherichia/Shigella*, yang mengindikasikan adanya modulasi positif terhadap mikrobiota usus serta potensi manfaat postbiotik bagi kesehatan saluran cerna.

Penelitian oleh Kamil et al. (2022) mengembangkan sediaan *gummy* probiotik sebagai inovasi baru yang lebih praktis dan sesuai dengan preferensi anak-anak. Pemberian *gummy* yang mengandung probiotik pada anak dengan status gizi kurang menghasilkan perbaikan signifikan pada parameter antropometri dan status gizi, disertai peningkatan bakteri penghasil asam butirrat serta penurunan jumlah *Enterobacteriaceae*. Temuan ini menunjukkan bahwa probiotik dalam bentuk *gummy* mampu memodulasi mikrobiota usus secara positif dan

berpotensi mendukung perbaikan gizi anak. Secara keseluruhan, hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa berbagai bentuk sediaan probiotik seperti susu fermentasi, bubuk, cokelat, susu cokelat, dan *gummy* telah diteliti dan terbukti dapat memengaruhi keseimbangan mikrobiota usus melalui mekanisme yang berbeda. Di antara bentuk yang telah dikaji, sediaan *gummy* menunjukkan potensi besar untuk dikembangkan lebih lanjut karena memiliki karakteristik yang stabil, mudah dikonsumsi, serta mampu mempertahankan aktivitas biologis probiotik di saluran pencernaan.

Pengembangan dan Potensi Sediaan *Gummy* sebagai Sistem Penghantar Probiotik

Gummy telah muncul sebagai inovasi dalam pengembangan makanan fungsional, khususnya sebagai penghantar probiotik. Penelitian awal menunjukkan bahwa *gummy* dapat digunakan sebagai penghantar probiotik yang tetap *viable* selama simulasi pencernaan dan penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sel probiotik bertahan dengan baik selama simulasi gastrointestinal, dengan prediksi masa simpan sekitar 75 hari pada suhu 4°C, meskipun kadar air *gummy* relatif tinggi (>20%). Temuan ini menjadi bukti awal bahwa *gummy* dapat menjadi sistem penghantar probiotik yang *feasible* dan stabil, meski masih memerlukan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan aspek fungsional dan sensorik (Kamil et al., 2021).

Temuan ini kemudian diperkuat oleh penelitian berikutnya yang menekankan aspek fungsional dan penerimaan konsumen terhadap *gummy* probiotik. Studi ini melaporkan bahwa *gummy* mampu mempertahankan viabilitas probiotik dengan jumlah awal sekitar 8,5 log CFU/g, dan tingkat survival tetap tinggi selama simulasi gastrointestinal, mencapai 98%. Selain itu, probiotik tetap stabil hingga 28 hari selama penyimpanan. Penilaian sensorik menunjukkan skor tinggi pada semua atribut, menandakan produk disukai konsumen. Hasil ini mengkomplementer temuan sebelumnya dengan menegaskan bahwa selain *viable*, *gummy* juga memiliki nilai fungsional yang dapat diterima oleh konsumen dan memiliki potensi efek kesehatan tambahan, seperti kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri tertentu (Silva et al., 2020).

Untuk meningkatkan stabilitas dan performa *gummy* lebih lanjut, penelitian berikutnya menerapkan teknik enkapsulasi pada probiotik menggunakan bahan polimer alami dan menambahkan *pulp* buah sebagai sumber prebiotik. Hasilnya menunjukkan efisiensi enkapsulasi tinggi, sehingga sel probiotik tetap bertahan selama periode penyimpanan 48 hari, sementara sel probiotik yang tidak dienkapsulasi menurun lebih cepat dan hampir tidak terdeteksi pada hari ke-30. Produk ini juga menunjukkan tekstur lebih lembut, warna lebih menarik, serta aktivitas antioksidan yang tinggi. Temuan ini menunjukkan evolusi formulasi dari sekadar penghantar probiotik menjadi *gummy* yang menggunakan teknologi enkapsulasi dan bahan alami untuk meningkatkan stabilitas dan potensi fungsional (Kareem et al., 2024).

Langkah lebih lanjut dalam pengembangan formulasi *gummy* adalah integrasi sistem sinbiotik. Penelitian ini mengembangkan *gummy* berbasis kombinasi probiotik, prebiotik, dan komponen antioksidan dari bahan alami, serta mengevaluasi viabilitas probiotik, kandungan senyawa fenolik, aktivitas antioksidan, tekstur, dan kemampuan menghambat pertumbuhan patogen. Hasil menunjukkan bahwa pemilihan bahan pembentuk gel memengaruhi tekstur, stabilitas, dan aktivitas antioksidan, sementara produk mampu memberikan efek penghambatan terhadap bakteri patogen. Pendekatan ini menghasilkan *gummy* sinbiotik yang multifungsi, menggabungkan probiotik, prebiotik, dan antioksidan dalam satu matriks, sehingga menjadi contoh formulasi canggih dengan potensi manfaat kesehatan yang lebih luas (Lele et al., 2018).

Secara keseluruhan, rangkaian penelitian ini menunjukkan perkembangan formulasi *gummy* probiotik yang dimulai dari tahap dasar berupa bukti konsep dan evaluasi viabilitas probiotik. Selanjutnya, penelitian menekankan aspek fungsional produk dan penerimaan konsumen, kemudian diikuti oleh optimasi formulasi melalui teknik enkapsulasi dan pemanfaatan bahan alami untuk meningkatkan stabilitas. Pengembangan formulasi sinbiotik yang kompleks dan multifungsi, menggabungkan probiotik dan prebiotik untuk menghasilkan produk fungsional yang stabil, aman, dan memiliki manfaat kesehatan tambahan. Temuan-

temuan ini memberi arah bahwa formulasi *gummy* probiotik tidak hanya layak dikembangkan di industri pangan fungsional, tetapi juga berpotensi diadaptasi untuk intervensi gizi anak di Indonesia yang membutuhkan produk stabil, praktis, dan mudah diterima.

Formulasi *Gummy* sebagai Penghantar Probiotik

Formulasi *gummy* sebagai sediaan penghantar probiotik berperan penting dalam menentukan viabilitas dan efektivitas sel probiotik selama proses produksi, penyimpanan, hingga konsumsi. Tujuan utama dari desain formulasi *gummy* probiotik adalah menciptakan sistem matriks yang mampu melindungi probiotik dari stres termal, oksidatif, serta kondisi asam pada saluran pencernaan, tanpa mengorbankan sifat sensori produk (Silva et al., 2020; Kamil et al., 2021; Lele et al., 2018; Kareem et al., 2024). Berbagai penelitian telah mengeksplorasi kombinasi bahan dasar, agen pelindung, dan komponen fungsional untuk memperoleh sistem penghantar probiotik yang stabil dan bernilai tambah tinggi.

Pengembangan *gummy* probiotik yang dilakukan oleh Kamil et al. (2021) menunjukkan ketahanan yang baik terhadap simulasi saluran cerna serta masa simpan prediksi sekitar 75 hari pada suhu 4°C. Formulasi ini menggunakan gelatin dan susu skim sebagai matriks pelindung probiotik, sementara proses penambahan probiotik dilakukan pada suhu rendah (40°C) untuk mencegah kerusakan termal. Hasil ini menegaskan bahwa rancangan formulasi *gummy* dapat mempertahankan viabilitas probiotik sekaligus memenuhi karakteristik fisik *gummy* yang disukai konsumen.

Penelitian lebih lanjut oleh Kareem et al. (2024) memperkuat pentingnya desain formulasi yang tepat dalam mempertahankan viabilitas probiotik pada produk *gummy*. Peneliti mengembangkan *Healthy Gummy Candy (HGC)* berbasis gelatin, madu thyme, sari jeruk nipis, dan bubur mangga yang diformulasikan sebagai *carrier system* bagi probiotik. Studi ini membandingkan dua bentuk: HGC dengan probiotik bebas (HGC-F) dan HGC dengan probiotik terenkapsulasi (HGC-C) menggunakan lapisan natrium alginat–kitosan. Hasilnya menunjukkan bahwa efisiensi enkapsulasi mencapai 88,16%, menandakan keberhasilan

dalam perlindungan sel probiotik. Selama penyimpanan 48 hari pada suhu 4°C, HGC-C mampu mempertahankan 55,42% viabilitas (3,88 log CFU/g), sedangkan probiotik bebas pada HGC-F menurun drastis hingga tidak terdeteksi setelah 30 hari. Penurunan ini dikaitkan dengan paparan asam dari jeruk nipis (pH 4,0 ± 0,1) dan oksigen terlarut dalam matriks *gummy* yang menyebabkan stres oksidatif. Sebaliknya, lapisan pelindung alginat–kitosan mampu menghambat difusi asam dan oksigen, sehingga memperpanjang masa hidup probiotik selama penyimpanan. Selain itu, kombinasi bahan alami seperti madu dan buah memberikan aktivitas antioksidan tinggi (91%) serta memperoleh skor penerimaan keseluruhan yang baik. Temuan ini menegaskan bahwa strategi enkapsulasi berbasis polimer alami merupakan pendekatan efektif untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitas sistem penghantar probiotik berbasis *gummy*.

Selain melalui pendekatan enkapsulasi, Lele et al. (2018) mengembangkan *gummy supplement* probiotik berbasis bahan alami dengan penambahan *psyllium husk* sebagai sumber prebiotik dan *apple pomace* sebagai sumber pektin alami. Dua jenis bahan dasar gel, yaitu agar dan gelatin, diuji untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap karakteristik fisik dan viabilitas bakteri. Hasilnya menunjukkan bahwa gelatin memberikan kondisi yang lebih mendukung bagi kelangsungan hidup probiotik dibandingkan agar, dengan jumlah sel hidup >6 log CFU/g yang stabil hingga 30 hari penyimpanan. Hal ini disebabkan oleh sifat gelatin yang lebih fleksibel dan protektif terhadap stres termal selama proses pemanasan. Selain itu, *apple pomace* berperan penting sebagai matriks imobilisasi alami, di mana struktur serat dan kandungan pektinnya mampu melindungi sel probiotik dari kerusakan fisik dan kimia. Sementara itu, *psyllium husk* berkontribusi sebagai prebiotik yang menyediakan serat larut dan senyawa fenolik dengan aktivitas antioksidan, sehingga mendukung pertumbuhan bakteri probiotik secara tidak langsung. Kombinasi bahan-bahan ini menghasilkan *gummy* dengan keseimbangan optimal antara tekstur, aktivitas antioksidan, serta stabilitas sel probiotik, menjadikan pemanfaatan bahan alami kaya serat sebagai strategi utama dalam pengembangan *gummy* probiotik yang fungsional dan ramah konsumen.

Setelah memahami konsep formulasi *gummy* probiotik berbasis serat seperti yang dilaporkan oleh Lele et al. (2018), penelitian oleh Silva *et al.* (2020) menawarkan pendekatan formulasi yang berbeda dengan menekankan penggunaan protein dan polimer gelatin sebagai sistem matriks protektif bagi probiotik. Produk yang dikembangkan berupa *gummy candy* probiotik yang mengandung xylitol sebagai pemanis fungsional. Dalam formulasi ini, *whey protein isolate* (WPI) digunakan sebagai agen pelindung dengan mekanisme penyerapan sel probiotik ke dalam matriks protein sebelum dicampurkan ke dasar gelatin. Proses tersebut menghasilkan produk dengan jumlah bakteri hidup tinggi (8,54 log CFU/g) dan tetap stabil selama 28 hari penyimpanan pada suhu kamar. Hasil uji simulasi gastrointestinal *in vitro* menunjukkan bahwa probiotik memiliki tingkat kelangsungan hidup sebesar 98% pada produk segar dan 93% setelah penyimpanan, menandakan bahwa WPI berperan penting dalam menjaga stabilitas sel selama paparan kondisi saluran cerna. Selain itu, xylitol berfungsi ganda sebagai pemanis rendah kalori sekaligus agen antikariogenik, dengan kemampuan menghambat pertumbuhan *Streptococcus mutans* (bakteri utama penyebab karies gigi) hingga 98% pada konsentrasi 20%. Kombinasi gelatin, WPI, dan xylitol menjadikan formulasi ini sebagai sistem pengantar probiotik yang tidak hanya stabil secara biologis, tetapi juga memberikan manfaat fungsional tambahan bagi kesehatan rongga mulut.

Secara keseluruhan, berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan formulasi *gummy* probiotik sangat bergantung pada pemilihan bahan dasar matriks, agen pelindung, serta metode integrasi probiotik yang tepat. Penggunaan bahan alami seperti gelatin, serat pektin, alginat, dan protein susu terbukti mampu mempertahankan viabilitas sel probiotik, sementara penambahan komponen bioaktif seperti madu atau xylitol memberikan nilai tambah bagi kesehatan. Dengan demikian, pengembangan *gummy* probiotik tidak hanya berfokus pada stabilitas mikroba, tetapi juga mengarah pada pembentukan produk pangan fungsional dengan manfaat terapeutik dan daya terima konsumen yang tinggi.

Keterbatasan Studi dan Implikasi untuk Pengembangan Intervensi Probiotik di Indonesia

Penelitian mengenai hubungan antara probiotik, mikrobiota usus, dan status gizi anak di Indonesia masih berada pada tahap awal pengembangan. Sejauh ini, sebagian besar studi bersifat observasional dengan jumlah subjek terbatas dan belum sepenuhnya mampu menggambarkan hubungan kausal antara disbiosis usus dan kejadian stunting (Lele et al., 2018; Ratnayani et al., 2024; Rinanda et al., 2023a; Surono et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh Ratnayani et al. (2024) menggunakan desain *cross-sectional* untuk membandingkan komposisi mikrobiota antara anak stunting dan non-stunting. Studi ini memberikan gambaran umum pola mikrobiota di populasi lokal, namun karena bersifat *cross-sectional*, hasilnya hanya menunjukkan keterkaitan tanpa menjelaskan arah hubungan sebab-akibat. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rinanda et al. (2023) menggunakan pendekatan *case-control* dengan desain yang lebih kuat, tetapi tetap terbatas pada pengamatan perbedaan komposisi mikrobiota antar-kelompok. Keduanya belum menilai biomarker mukosa seperti zonulin, calprotectin, dan SCFA yang berperan penting sebagai indikator integritas barier usus, tingkat inflamasi mukosa, serta aktivitas metabolik mikrobiota. Tanpa parameter ini, hubungan antara perubahan komposisi mikrobiota dan fungsi fisiologis usus belum dapat dipastikan.

Penelitian intervensi berskala besar dilakukan oleh Surono et al. (2025) melalui uji klinis acak terkontrol paralel selama enam bulan pada 200 anak usia 3–5 tahun. Kelompok perlakuan menerima UHT *chocolate milk* yang mengandung *microencapsulated probiotic*, sedangkan kelompok pembandingan menerima varian *postbiotic* hasil perlakuan panas terhadap strain yang sama. Hasilnya menunjukkan bahwa meskipun terjadi peningkatan pertumbuhan di semua kelompok, perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbaikan sanitasi dan asupan gizi yang diberikan merata kepada seluruh partisipan. Penelitian ini juga menyoroti tantangan dalam mempertahankan viabilitas probiotik di iklim tropis yang lembap dan bersuhu tinggi, sehingga bentuk *postbiotic* dianggap lebih stabil untuk

kondisi lapangan di Indonesia.

Dari sisi formulasi, sebagian besar penelitian di Indonesia masih menggunakan sediaan probiotik berbentuk bubuk atau cair yang memerlukan penyimpanan bersuhu rendah, sehingga penerapannya di daerah dengan infrastruktur terbatas menjadi tidak praktis. Sebaliknya, Lele et al. (2018) menunjukkan bahwa formulasi *gummy* berbasis gelatin dapat mempertahankan viabilitas probiotik lebih dari 6 log CFU/g selama 30 hari pada suhu ruang. Meskipun penelitian ini dilakukan di luar Indonesia, hasil tersebut memperlihatkan potensi bentuk *gummy* sebagai sistem penghantar probiotik yang stabil dan mudah diterima secara sensorik, namun penelitian serupa belum dilaporkan di Indonesia.

Secara keseluruhan, literatur yang ada menunjukkan bahwa penelitian di Indonesia masih berfokus pada deskripsi mikrobiota tanpa menjangkau aspek fungsional dan pengembangan sediaan yang aplikatif. Ke depan, studi yang mengintegrasikan rancangan intervensi jangka panjang, serta inovasi bentuk sediaan yang sesuai dengan kondisi tropis akan sangat penting untuk memahami dan mengoptimalkan potensi probiotik sebagai intervensi pendukung pencegahan stunting di Indonesia.

Kesimpulan

Mikrobiota usus berperan penting dalam proses metabolisme, penyerapan nutrisi, serta regulasi fungsi imun yang secara keseluruhan berkontribusi terhadap pertumbuhan anak. Ketidakseimbangan mikrobiota atau disbiosis terbukti berkaitan dengan gangguan pertumbuhan seperti stunting, sehingga intervensi berbasis probiotik menjadi pendekatan yang menjanjikan untuk memodulasi ekosistem mikroba usus ke arah yang lebih sehat. Berbagai penelitian di Indonesia telah menelusuri hubungan tersebut, namun sebagian besar masih bersifat observasional dan belum mengevaluasi aspek fungsional mukosa usus maupun stabilitas sediaan probiotik yang digunakan.

Bukti dari studi-studi formulasi menunjukkan bahwa *gummy probiotic* memiliki potensi besar sebagai sistem penghantar yang efektif karena mampu mempertahankan viabilitas sel, menjaga kestabilan selama

penyimpanan, serta memiliki tingkat penerimaan yang baik, terutama pada anak-anak. Bentuk sediaan ini juga lebih praktis dibandingkan sediaan cair atau bubuk yang memerlukan *cold chain system*, sehingga lebih sesuai untuk diterapkan di negara beriklim tropis seperti Indonesia. Oleh karena itu, pengembangan dan penelitian lanjutan mengenai *gummy probiotic* layak untuk dipertimbangkan sebagai inovasi intervensi gizi yang aplikatif, aman, dan potensial dalam mendukung pencegahan stunting melalui perbaikan keseimbangan mikrobiota usus.

Referensi

- Amimo, J. O., Kunyanga, C. N., Raev, S. A., Kick, M., Micheal, H., Saif, L. J., & Vlasova, A. N. (2025). Stunting is associated with persistent and transferable alterations in the gut microbiome. *Gut Pathogens*, 17(1).
<https://doi.org/10.1186/s13099-025-00723-2>
- Cornes, R., Sintes, C., Peña, A., Albin, S., O'Brien, K. O., Abrams, S. A., & Donangelo, C. M. (2022). Daily Intake of a Functional Synbiotic Yogurt Increases Calcium Absorption in Young Adult Women. *Journal of Nutrition*, 152(7), 1647–1654.
<https://doi.org/10.1093/jn/nxac088>
- Gao, J., Li, Y., Wan, Y., Hu, T., Liu, L., Yang, S., Gong, Z., Zeng, Q., Wei, Y., Yang, W., Zeng, Z., He, X., Huang, S. H., & Cao, H. (2019). A novel postbiotic from *Lactobacillus rhamnosus* GG with a beneficial effect on intestinal barrier function. *Frontiers in Microbiology*, 10(MAR), 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00477>
- Garcia-Gonzalez, N., Prete, R., Battista, N., & Corsetti, A. (2018). Adhesion properties of food-associated *Lactobacillus plantarum* strains on human intestinal epithelial cells and modulation of IL-8 release. *Frontiers in Microbiology*, 9(OCT), 1–11.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02392>
- Hasain, Z., Raja Ali, R. A., Ahmad, H. F., Abdul Rauf, U. F., Oon, S. F., & Mokhtar, N. M. (2022). The roles of probiotics in gut microbiota composition and metabolic

- outcomes in asymptomatic post-gestational diabetes women: A randomized controlled trial. *Nutrients*, 14(18), 3878. <https://doi.org/10.3390/nu14183878>
- Hastuti, S., Rahayu, E. S., Mariyatun, M., Nurfiani, S., & Widada, J. (2025). Recovery and molecular detection of *Lactobacillus plantarum* Dad-13 from the feces of healthy Indonesian volunteers after intake of fermented milk. *Journal of Indonesian Food and Nutrition Progress*, 41(1). <https://doi.org/10.22146/ifnp.83841>
- Hoppe, M., Önning, G., & Hulthén, L. (2017). Freeze-dried *Lactobacillus plantarum* 299v increases iron absorption in young females—Double isotope sequential single-blind studies in menstruating women. *PLoS ONE*, 12(12), 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189141>
- Kamil, R. Z., Fadhila, F. H., Rachmasari, A. D., Murdiati, A., Juffrie, M., & Rahayu, E. S. (2021). Development of probiotic gummy candy using the indigenous *Lactobacillus plantarum* Dad-13 strain; evaluation of its gastrointestinal resistance and shelf-life prediction. *Food Research*, 5(5), 265–273. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.5\(5\).731](https://doi.org/10.26656/fr.2017.5(5).731)
- Kamil, R. Z., Murdiati, A., Juffrie, M., & Rahayu, E. S. (2022). Gut microbiota modulation of moderate undernutrition in infants through gummy *Lactobacillus plantarum* Dad-13 consumption : A Randomized Double-Blind Controlled Trial. *Nutrients*, 14(5), 1049. <https://doi.org/10.3390/nu14051049>
- Kareem, R. A., Razavi, S. H., & Mousavi, Z. (2024). Survival of free and encapsulated probiotics in healthy gummy candy as a carrier for probiotic capsules. *Archives of Food and Nutrition Science*, 8(1), 029–037. <https://doi.org/10.29328/journal.afns.1001059>
- Kementerian Kesehatan RI. (2025). *Survey Status Gizi Indonesia (SSGI) 2024 dalam Angka*. Kementerian Kesehatan RI.
- Lele, V., Ruzauskas, M., Zavistanaviciute, P., Laurusiene, R., Rimene, G., Kiudulaite, D., Tomkeviciute, J., Nemeikstyte, J., Stankevicius, R., & Bartkiene, E. (2018). Development and characterization of gummy supplements enriched with probiotics and prebiotics. *CYTA – Journal of Food*, 16(1), 580–587. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1433721>
- Masrul, M., Izwardy, D., Sudji, I. R., Purnakarya, I., Syahrial, S., & Nindrea, R. D. (2020). Microbiota Profile with Stunting Children in West Sumatera Province, Indonesia. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 8, 334–340. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2020.4209>
- Mostafa, I., Hibberd, M. C., Hartman, S. J., Mahfuz, M., Hasan, S. M. T., & Ashorn, P. (2024). A microbiota-directed complementary food intervention in 12–18-month-old Bangladeshi children improves linear growth. *EBioMedicine*, 104, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105166>
- Nagpal, R., Wang, S., Ahmadi, S., Hayes, J., Gagliano, J., Subashchandrabose, S., Kitzman, D. W., Becton, T., Read, R., & Yadav, H. (2018). Human-origin probiotic cocktail increases short-chain fatty acid production via modulation of mice and human gut microbiome. *Scientific Reports*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-30114-4>
- Rahayu, E. S., Mariyatun, M., Manurung, N. E. P., Hasan, P. N., Therdtatha, P., Mishima, R., Komalasari, H., Mahfuzah, N. A., Pamungkaningtyas, F. H., Nurfiana, D. A., Liwan, S. Y., Juffrie, M., Nugroho, A. E., & Utami, T. (2021). Effect of probiotic *Lactobacillus plantarum* Dad-13 powder consumption on the gut microbiota and intestinal health of overweight adults. *World Journal of Gastroenterology*, 126(1), 107–128. <https://doi.org/10.3748/WJG.V27.I1.107>
- Rahayu, E. S., Yoga, W. K., Komalasari, H., Mariyatun, M., Yuda, W. A., Manurung, N. E. P., Hasan, P. N., Suharman, S., Pamungkaningtyas, F. H., Nurfiana, D. A., Pramesi, P. C., Gatya, M., Therdtatha, P., Nakayama, J., Juffrie, M., Djaafar, T. F., Marwati, T., & Utami, T. (2024). Probiotic

- Chocolate Containing *Lactobacillus plantarum* Dad-13 Alters the Gut Microbiota Composition of Undernourished Children in Lombok: A Randomized Double-Blind Trial. *International Journal of Food Science*, 2024.
<https://doi.org/10.1155/2024/9493797>
- Ratnayani, Hegar, B., Sunardi, D., Fadilah, F., Gunardi, H., Fahmida, U., & Vidiawati, D. (2024). Association of Gut Microbiota Composition with Stunting in Children Under Five in Jakarta Slums. *Nutrients*, 16(20).
<https://doi.org/10.3390/nu16203444>
- Rinanda, T., Riani, C., Artarini, A., & Sasongko, L. (2023). Correlation between gut microbiota composition, enteric infections and linear growth impairment: a case–control study in childhood stunting in Pidie, Aceh, Indonesia. *Gut Pathogens*, 15(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1186/s13099-023-00581-w>
- Silva, J. R., da Silva, J. B., Costa, G. N., dos Santos, J. S., & Castro-Gomez, R. J. H. (2020). Probiotic gummy candy with xylitol: Development and potential inhibition of *Streptococcus mutans* UA 159. *Research, Society and Development*, 9(10), e7369108942.
<https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8942>
- Surono, I. S., Popov, I., Verbruggen, S., Verhoeven, J., Kusumo, P. D., & Venema, K. (2024). Gut microbiota differences in stunted and normal-length children aged 36–45 months in East Nusa Tenggara, Indonesia. *PLoS ONE*, 19(3), 1–20.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299349>
- Surono, I. S., Venema, K., Martosudarmo, S., & Kusumo, P. D. (2025). Effect of a 6-Month Functional Food Intervention on the Microbiota of Stunted Children in East Nusa Tenggara, Indonesia—A Randomized Placebo-Controlled Parallel Trial. *Foods*, 14(13), 1–17.
<https://doi.org/10.3390/foods14132218>
- Toeijing, P., Khampithum, N., Sirilun, S., Chaiyasut, C., & Lailerd, N. (2021). Influence of *Lactobacillus paracasei* HII01 Supplementation on Glycemia and Inflammatory Biomarkers in Type 2 Diabetes: A Randomized Clinical Trial. *Foods*, 10(7), 1455.
<https://doi.org/10.3390/foods10071455>
- World Health Organization. (2015, November 19). Stunting in a nutshell. <https://www.who.int/news/item/19-11-2015-stunting-in-a-nutshell> (Accessed on Oktober 11, 2025)