

Bioteknologi Yoghurt Herbal Berbasis Kearifan Lokal berupa Sediaan Topikal Sebagai Pendamping Asuhan Keperawatan pada Luka Bakar

Local Wisdom-Based Herbal Yogurt Biotechnology in Topical Preparations as an Adjunct to Nursing Care for Burn Wound Healing

Rani Hendiyani¹, Agan Syahril¹, Yugga Tri Surahman², Firman Rezaldi^{3*}, Roni Gumilar^{4,5}, Rizal Rohmatullah⁶

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Kartamulia Purwakarta, Jawa Barat, Indonesia

²Program Studi Doktor Pendidikan Dasar, Fakultas Keguruan dan Pendidikan, Universitas Pendidikan Ganesha, Bali, Indonesia

³Program Studi Doktor Ilmu Pangan, Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi, Fakultas Teknologi Agroindustri dan Biosistem, Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, Indonesia

⁴Dinas Ketahanan Pangan, Serang, Banten, Indonesia

⁵Program Studi Magister Ilmu Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Banten, Indonesia

⁶Program Studi Ilmu Hukum, Fakultas Hukum, Universitas Math'laul Anwar, Pandeglang, Banten, Indonesia

*Korespondensi: firmanrezaldi@student.ub.ac.id

Abstract

Background : Burn injuries compromise skin integrity and may involve inflammation, oxidative stress, microbiota imbalance, and infection. Probiotic biotechnology and medicinal plants based on local traditional knowledge offer opportunities for developing novel bioactive agents for wound management. Herbal yogurt combines fermented lactic acid bacteria with bioactive compounds from medicinal plants and may serve as a promising topical candidate. **Objective :** This review aimed to analyze the potential of locally sourced herbal yogurt biotechnology as a topical formulation and its relevance as an adjunctive approach in nursing care for burn wounds. **Methods :** A systematic literature review was conducted following PRISMA 2020 guidelines. Literature was retrieved from Scopus, PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, Web of Science, and supporting scientific sources, focusing primarily on publications from 2020–2026, particularly 2024–2026. Studies were synthesized based on probiotic activity, medicinal plants, fermentation, metabolite bioconversion, topical formulation, antimicrobial, antioxidant, anti-inflammatory, regenerative, and safety properties. **Results :** Probiotics, particularly lactic acid bacteria, may inhibit pathogens, modulate wound microbiota, reduce inflammation, promote angiogenesis, and support collagen deposition. Recent studies have developed probiotic-loaded hydrogels, alginate films, and in situ gelling systems for wound applications. Medicinal plants provide phenolics, flavonoids, tannins, terpenoids, and other bioactive metabolites with antimicrobial, antioxidant, and anti-inflammatory activities. Fermentation may enhance these effects through microbial bioconversion. However, direct evidence for herbal yogurt as a topical burn treatment remains limited. **Conclusion :** Locally sourced herbal yogurt has potential as a probiotic-herbal topical adjunct for burn wound healing. Further studies are needed to optimize fermentation, standardize raw materials, characterize metabolites, ensure safety, and validate efficacy through in vivo and clinical research.

Keywords: Herbal yogurt; probiotics; fermentation; burn wound; wound healing.

Abstrak

Latar Belakang: Luka bakar menyebabkan gangguan integritas kulit dan dapat disertai inflamasi, stres oksidatif, ketidakseimbangan mikrobiota, serta peningkatan risiko infeksi. Bioteknologi probiotik dan pemanfaatan tanaman obat berbasis kearifan lokal memberikan peluang untuk mengembangkan agen bioaktif baru dalam pengelolaan luka. Yoghurt herbal

mengombinasikan bakteri asam laktat hasil fermentasi dengan senyawa bioaktif dari tanaman obat sehingga berpotensi sebagai kandidat sediaan topikal. **Tujuan :** Tinjauan ini bertujuan menganalisis potensi bioteknologi yoghurt herbal berbasis bahan lokal sebagai sediaan topikal serta relevansinya sebagai pendekatan pendamping dalam asuhan keperawatan pada luka bakar. **Metode:** Tinjauan literatur sistematis dilakukan berdasarkan pedoman PRISMA 2020. Literatur diperoleh dari Scopus, PubMed/MEDLINE, ScienceDirect, Web of Science, dan sumber ilmiah pendukung, dengan fokus utama pada publikasi tahun 2020–2026, khususnya 2024–2026. Literatur disintesis berdasarkan aktivitas probiotik, tanaman obat, fermentasi, biokonversi metabolit, formulasi topikal, aktivitas antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, regenerasi jaringan, dan aspek keamanan. **Hasil:** Probiotik, khususnya bakteri asam laktat, berpotensi menghambat patogen, memodulasi mikrobiota luka, mengurangi inflamasi, meningkatkan angiogenesis, dan mendukung deposisi kolagen. Berbagai penelitian terbaru telah mengembangkan hidrogel, film alginat bermuatan probiotik, dan sistem pembentuk gel *in situ* untuk aplikasi pada luka. Tanaman obat mengandung senyawa fenolik, flavonoid, tanin, terpenoid, dan metabolit bioaktif lainnya yang memiliki aktivitas antimikroba, antioksidan, dan antiinflamasi. Proses fermentasi dapat meningkatkan potensi tersebut melalui biokonversi oleh mikroorganisme. Namun, bukti langsung mengenai yoghurt herbal sebagai sediaan topikal untuk luka bakar masih terbatas. **Kesimpulan:** Yoghurt herbal berbasis bahan lokal memiliki potensi sebagai kandidat topikal probiotik-herbal pendamping dalam mendukung penyembuhan luka bakar. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengoptimalkan fermentasi, menstandarkan bahan baku, mengkarakterisasi metabolit bioaktif, memastikan keamanan, serta memvalidasi efektivitas melalui penelitian *in vivo* dan klinis.

Kata kunci: Yoghurt herbal; probiotik; fermentasi; luka bakar; penyembuhan luka.

PENDAHULUAN

Luka bakar merupakan salah satu bentuk cedera jaringan yang menyebabkan kerusakan pada lapisan kulit dan dapat berkembang menjadi gangguan yang lebih kompleks apabila terjadi infeksi, inflamasi berkepanjangan, dan keterlambatan regenerasi jaringan. Kerusakan integritas kulit pada luka bakar menyebabkan hilangnya fungsi barrier kulit sehingga meningkatkan kerentanan terhadap kolonisasi dan infeksi mikroorganisme. Kondisi tersebut dapat memperpanjang fase inflamasi, menghambat proliferasi sel, mengganggu pembentukan jaringan granulasi, serta memperlambat proses epitelisasi. Oleh karena itu, perawatan luka bakar tidak hanya diarahkan untuk mempertahankan kelembapan dan melindungi jaringan, tetapi juga membutuhkan strategi untuk mengendalikan mikroorganisme, mengurangi inflamasi, dan mendukung regenerasi jaringan (Ambrose *et al.*, 2025).

Asuhan keperawatan pada pasien dengan luka bakar memiliki peranan penting dalam mempertahankan integritas jaringan, mencegah komplikasi infeksi, mengontrol nyeri, melakukan perawatan luka, serta memantau perkembangan proses penyembuhan. Pemilihan sediaan topikal menjadi salah satu bagian penting dalam perawatan luka karena berhubungan langsung dengan lingkungan mikro luka. Namun demikian, penggunaan antimikroba dan antiseptik secara terus-menerus perlu dipertimbangkan karena perkembangan resistensi antimikroba dan kemungkinan gangguan terhadap mikrobiota normal kulit. Kondisi tersebut mendorong pengembangan pendekatan berbasis mikroorganisme menguntungkan, termasuk probiotik, sebagai strategi pendamping dalam perawatan luka (Li *et al.*, 2023).

Probiotik, khususnya kelompok bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus* dan *Lactiplantibacillus*, mulai mendapat perhatian dalam pengembangan terapi luka berbasis mikrobioma. Mikroorganisme tersebut dapat menghasilkan berbagai metabolit, termasuk asam laktat dan senyawa antimikroba, yang berpotensi menghambat pertumbuhan patogen serta memengaruhi lingkungan mikro luka. Penelitian mengenai aplikasi topikal *Lactobacillus*

menunjukkan bahwa bakteri tersebut mampu menghambat bahkan mengeradikasi biofilm *Pseudomonas aeruginosa* pada model luka, sekaligus meningkatkan migrasi fibroblas yang berperan penting dalam proses perbaikan jaringan. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa probiotik tidak hanya berpotensi sebagai agen antimikroba, tetapi juga dapat mendukung mekanisme regenerasi jaringan (Rezaldi *et al.*, 2023).

Perkembangan terapi luka modern menunjukkan peningkatan perhatian terhadap penggunaan bahan bioaktif dan sistem penghantaran topikal yang mampu menciptakan lingkungan yang mendukung proses penyembuhan. Penggunaan antibiotik topikal masih menjadi salah satu pendekatan dalam pengendalian infeksi luka, tetapi munculnya resistensi antimikroba, potensi efek samping, serta keterbatasan beberapa agen antimikroba mendorong pengembangan alternatif berbasis bahan alam dan mikroorganisme yang memiliki aktivitas terapeutik. Kajian mutakhir mengenai strategi dressing luka bakar menunjukkan bahwa bahan bioaktif alami dan probiotik semakin banyak dikembangkan karena memiliki potensi antimikroba, antiinflamasi, dan pro-regeneratif.

Salah satu pendekatan yang berkembang adalah pemanfaatan probiotik secara topikal. Probiotik tidak hanya berperan dalam menjaga keseimbangan mikrobiota gastrointestinal, tetapi juga berpotensi memodulasi mikrobiota kulit dan lingkungan mikro luka. Mekanisme yang dikaitkan dengan aktivitas probiotik pada penyembuhan luka meliputi produksi asam organik, bakteriosin dan senyawa antimikroba lainnya, kompetisi dengan mikroorganisme patogen, penghambatan pembentukan biofilm, modulasi respons inflamasi, serta stimulasi proses regenerasi jaringan. Kajian terbaru menunjukkan bahwa aplikasi probiotik pada kulit dapat berhubungan dengan percepatan penyembuhan, penurunan inflamasi, pengurangan risiko infeksi, dan kemungkinan berkurangnya kebutuhan terhadap antibiotik.

Khusus pada luka bakar, bukti ilmiah mengenai pemanfaatan probiotik semakin berkembang. Thiagarajan *et al.*, (2026) melalui *systematic review* terhadap intervensi probiotik dan prebiotik pada pasien luka bakar melaporkan bahwa intervensi probiotik berhubungan dengan penurunan kejadian infeksi dan peningkatan kadar serum IgA. Beberapa penelitian yang dianalisis juga menunjukkan kecenderungan perbaikan luas luka dan waktu penyembuhan, meskipun penulis menekankan bahwa standarisasi strain, dosis, metode pemberian, dan luaran klinis masih diperlukan.

Potensi probiotik untuk luka bakar juga diperkuat oleh penelitian formulasi topikal terbaru. Pirouzzadeh *et al.*, (2025) mengembangkan film alginat yang mengandung probiotik dan Aloe vera untuk penyembuhan luka terinfeksi. Sistem tersebut dirancang untuk mempertahankan viabilitas probiotik sekaligus memberikan aktivitas biologis pada lingkungan luka. Hasil penelitian *in vivo* menunjukkan bahwa formulasi tersebut mampu menurunkan jumlah mikroorganisme dan memperpendek waktu penyembuhan luka. Temuan ini menunjukkan bahwa probiotik dapat dikembangkan bukan hanya sebagai suplemen oral, tetapi juga sebagai komponen aktif dalam sistem penghantaran topikal untuk luka.

Penelitian lain oleh Moraffah *et al.*, (2025) mengembangkan mikropartikel probiotik dengan karakteristik *in situ gelling* menggunakan pendekatan *quality by design*. Formulasi tersebut ditujukan untuk mengatasi permasalahan infeksi dan resistensi antimikroba pada luka bakar, sekaligus meningkatkan stabilitas probiotik dalam sistem penghantaran topikal. Hasilnya memperlihatkan potensi penggunaan mikropartikel probiotik sebagai sistem dressing inovatif untuk meningkatkan penyembuhan luka bakar dan membantu eliminasi patogen.

Selain probiotik, pemanfaatan tanaman herbal berbasis kearifan lokal memiliki peluang besar dalam pengembangan sediaan topikal untuk luka. Berbagai tanaman tradisional diketahui mengandung metabolit sekunder seperti flavonoid, fenolik, tanin, terpenoid, saponin, dan senyawa bioaktif lainnya yang berpotensi memberikan aktivitas antioksidan, antimikroba,

antiinflamasi, serta mendukung regenerasi jaringan. Systematic review mengenai obat herbal untuk penanganan luka menunjukkan bahwa tanaman obat tradisional telah digunakan secara historis untuk perawatan luka dan sebagian formulasi herbal telah memperoleh evaluasi melalui penelitian klinis maupun praklinis.

Dalam konteks Indonesia, pendekatan tersebut menjadi semakin relevan karena keanekaragaman hayati Indonesia menyediakan berbagai tanaman lokal yang secara empiris telah dimanfaatkan masyarakat sebagai bahan pengobatan tradisional. Kearifan lokal tidak hanya memiliki nilai budaya, tetapi juga dapat menjadi sumber pengetahuan awal dalam pemilihan tanaman yang memiliki potensi farmakologis. Integrasi pengetahuan empiris masyarakat dengan teknologi bioteknologi modern dapat menghasilkan inovasi yang lebih kontekstual, bernilai tambah, serta berpotensi mendukung pemanfaatan sumber daya alam lokal secara berkelanjutan.

Salah satu teknologi yang berpotensi mengintegrasikan probiotik dan bahan herbal adalah fermentasi yoghurt. Yoghurt merupakan produk fermentasi susu yang melibatkan bakteri asam laktat, terutama *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Proses fermentasi dapat menghasilkan perubahan karakteristik kimia dan biologis substrat, termasuk pembentukan asam organik dan metabolit lain yang berpotensi memberikan nilai fungsional. Apabila dikombinasikan dengan tanaman herbal lokal, proses fermentasi dapat menjadi pendekatan bioteknologi untuk menghasilkan yoghurt herbal yang mengintegrasikan aktivitas mikroorganisme fermentatif dengan senyawa bioaktif tanaman.

Konsep tersebut menjadi menarik apabila yoghurt herbal tidak hanya dikembangkan sebagai produk pangan fungsional, tetapi diarahkan menjadi bahan aktif dalam sediaan topikal. Pendekatan ini dapat menghasilkan konsep *biotechnology-based topical formulation*, yaitu pemanfaatan hasil fermentasi sebagai sumber mikroorganisme atau metabolit bioaktif yang diaplikasikan pada permukaan kulit. Kajian mengenai hydrogel probiotik topikal menunjukkan bahwa probiotik yang diberikan secara topikal berpotensi mempercepat penyembuhan luka melalui berbagai mekanisme, sedangkan teknologi hidrogel dapat membantu mempertahankan mikroorganisme dan memberikan lingkungan yang sesuai pada permukaan luka.

Secara mekanistik, kombinasi yoghurt herbal dan sediaan topikal berpotensi menghasilkan efek yang bersifat komplementer. Bakteri asam laktat dapat menghasilkan asam organik dan metabolit antimikroba yang membantu menciptakan lingkungan kurang menguntungkan bagi mikroorganisme patogen, sedangkan senyawa bioaktif herbal berpotensi memberikan aktivitas antioksidan dan antiinflamasi. Dengan demikian, formulasi tersebut secara teoritis dapat diarahkan untuk membantu mengendalikan mikroorganisme, mempertahankan lingkungan mikro luka, mengurangi proses inflamasi berlebihan, dan mendukung proliferasi serta regenerasi jaringan. Kajian terbaru mengenai probiotik pada luka bakar mengidentifikasi beberapa mekanisme utama, termasuk modulasi respons imun, stimulasi proliferasi keratinosit dan fibroblas, peningkatan sintesis kolagen, angiogenesis, aktivitas terhadap biofilm, serta pemulihan keseimbangan mikrobiota.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian mutakhir masih berfokus pada probiotik murni, hydrogel probiotik, film alginat, atau sistem mikropartikel, sedangkan pemanfaatan yoghurt herbal hasil fermentasi sebagai basis bioteknologi untuk sediaan topikal luka bakar masih relatif terbatas. Penelitian yang mengintegrasikan tiga komponen sekaligus, yaitu mikroorganisme fermentatif, senyawa bioaktif tanaman lokal, dan formulasi topikal yang diarahkan untuk mendukung asuhan keperawatan luka bakar, masih memiliki ruang pengembangan yang luas. Hal ini menjadi research gap yang penting karena pendekatan

tersebut dapat menghubungkan bioteknologi pangan/fermentasi, pemanfaatan bahan alam, teknologi sediaan topikal, mikrobiologi, dan ilmu keperawatan.

Dari perspektif keperawatan, pengembangan sediaan topikal berbasis yoghurt herbal tidak dimaksudkan untuk menggantikan terapi medis standar pada luka bakar, tetapi sebagai terapi pendamping dalam asuhan keperawatan setelah mempertimbangkan keamanan, tingkat kedalaman luka, kondisi klinis pasien, dan protokol perawatan luka yang berlaku. Perawat memiliki peran penting dalam pengkajian kondisi luka, pengendalian risiko infeksi, perawatan kulit dan luka, pemantauan proses penyembuhan, serta evaluasi respons pasien terhadap intervensi. Oleh sebab itu, inovasi bahan topikal berbasis bioteknologi harus memiliki karakteristik yang mendukung praktik keperawatan, seperti keamanan penggunaan, stabilitas sediaan, kemampuan mempertahankan kondisi lembap yang sesuai, kemudahan aplikasi, serta tidak mengganggu proses perawatan luka standar.

Dengan demikian, pengembangan “Bioteknologi Yoghurt Herbal Berbasis Kearifan Lokal berupa Sediaan Topikal sebagai Pendamping Asuhan Keperawatan pada Luka Bakar” memiliki nilai kebaruan pada integrasi teknologi fermentasi yoghurt, mikroorganisme probiotik, tanaman herbal lokal, dan teknologi formulasi topikal dalam satu pendekatan inovatif. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan dasar ilmiah mengenai karakteristik fisikokimia, mikrobiologis, aktivitas antioksidan dan antimikroba, stabilitas, keamanan, serta potensi sediaan dalam mendukung proses penyembuhan luka bakar. Pendekatan tersebut sekaligus dapat memperkuat pemanfaatan kearifan lokal dan sumber daya hayati Indonesia melalui teknologi bioteknologi modern yang berorientasi pada inovasi kesehatan dan pengembangan bahan alam bernilai tambah.

Secara khusus, urgensi penelitian ini semakin kuat karena literatur terbaru menunjukkan bahwa terapi probiotik pada luka bakar merupakan bidang yang berkembang tetapi masih membutuhkan standarisasi formulasi dan bukti translasi yang lebih kuat. *Systematic review* tahun 2026 menemukan adanya sinyal manfaat probiotik terhadap infeksi dan beberapa parameter pemulihan pada pasien luka bakar, namun juga menegaskan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai bentuk sediaan, dosis, strain, dan luaran klinis. Oleh karena itu, pengembangan yoghurt herbal berbasis kearifan lokal dalam bentuk sediaan topikal dapat menjadi salah satu strategi penelitian inovatif untuk menjembatani potensi probiotik dan bahan alam dengan kebutuhan praktis dalam pendampingan asuhan keperawatan pada luka bakar.

BAHAN DAN METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan *systematic literature review* dengan pendekatan sintesis naratif yang disusun berdasarkan pedoman Preferred Reporting Items for *Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) 2020. Metode *systematic review* dipilih untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis bukti ilmiah mengenai potensi probiotik, yoghurt hasil fermentasi, bahan herbal, serta formulasi topikal dalam mendukung penyembuhan luka bakar dan relevansinya sebagai terapi pendamping dalam asuhan keperawatan.

Pendekatan ini mengacu pada perkembangan penelitian terbaru mengenai probiotik pada luka bakar. *Systematic review* tahun 2026 oleh Thiagarajan et al. menggunakan PRISMA serta melakukan pencarian pada PubMed, Scopus, dan MEDLINE untuk mengevaluasi pengaruh probiotik dan prebiotik terhadap luaran pasien luka bakar.

Pertanyaan Penelitian

Pertanyaan penelitian disusun menggunakan kerangka PICO, yaitu:

Population (P): pasien, model hewan, kultur sel, atau model eksperimental yang berkaitan dengan luka bakar atau penyembuhan luka.

Intervention (I): probiotik, yoghurt/produk fermentasi, herbal atau kombinasi probiotik-herbal yang diberikan secara topikal maupun digunakan sebagai komponen sediaan topikal.

Comparison (C): kontrol negatif, placebo, basis sediaan, tanpa perlakuan, atau terapi standar.

Outcome (O): penyembuhan luka, kontraksi luka, waktu epitelisasi, aktivitas antimikroba, pengurangan kolonisasi patogen, aktivitas antiinflamasi, aktivitas antioksidan, pembentukan kolagen, keamanan, stabilitas, serta karakteristik fisik sediaan topikal.

Pertanyaan utama dalam review ini adalah:

“Bagaimana potensi yoghurt herbal berbasis probiotik dan bahan alam sebagai sediaan topikal dalam mendukung penyembuhan luka bakar serta penerapannya sebagai terapi pendamping dalam asuhan keperawatan?”

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui beberapa database ilmiah, yaitu:

1. Scopus
2. PubMed/MEDLINE
3. ScienceDirect
4. Web of Science
5. Google Scholar sebagai sumber tambahan untuk mengidentifikasi literatur yang mungkin tidak ditemukan melalui database utama (Surahman & Rezaldi, 2026 ; Rezaldi & Surahman, 2026, Jubaedah *et al.*, 2026 ; Rezaldi *et al.*, 2025).

Scopus dan PubMed menjadi database utama karena mampu mengidentifikasi artikel internasional yang relevan dengan bidang bioteknologi, farmasi, mikrobiologi, ilmu pangan, wound healing, dan keperawatan.

Rentang dan Waktu Publikasi

Literatur utama dibatasi pada publikasi Januari 2020 sampai Agustus 2026, dengan prioritas analisis terhadap penelitian yang diterbitkan pada 2024–2026. Literatur sebelum tahun 2020 tetap dapat digunakan apabila merupakan penelitian fundamental yang sangat relevan terhadap mekanisme probiotik, fermentasi yoghurt, tanaman herbal, atau penyembuhan luka.

Pembatasan waktu tersebut digunakan untuk memastikan bahwa review menggambarkan perkembangan teknologi dan bukti ilmiah terkini. Sebagai contoh, penelitian tahun 2025 telah mengembangkan film alginat yang mengandung probiotik untuk luka bakar dan mengevaluasi viabilitas probiotik serta karakteristik penyembuhan luka. Penelitian lain pada tahun 2025 mengembangkan mikropartikel probiotik dengan sistem *in situ* gelling untuk aplikasi sebagai dressing luka bakar.

Kriteria Inklusi

Artikel dimasukkan ke dalam review apabila memenuhi kriteria berikut:

1. Artikel penelitian asli (*original research*), systematic review, meta-analysis, atau review ilmiah yang relevan.
2. Dipublikasikan pada jurnal ilmiah yang terindeks Scopus dan/atau database ilmiah utama.
3. Diterbitkan pada periode Januari 2020–Agustus 2026, dengan prioritas penelitian 2024–2026.
4. Membahas minimal salah satu komponen berikut:
 - probiotik;
 - bakteri asam laktat;
 - yoghurt atau produk fermentasi susu;

- herbal/tanaman obat;
 - sediaan topikal;
 - wound healing;
 - luka bakar.
5. Membahas mekanisme atau efektivitas yang berkaitan dengan penyembuhan luka, seperti aktivitas antimikroba, antiinflamasi, antioksidan, regenerasi jaringan, kolagen, epitelisasi, atau modulasi mikrobiota.
 6. Artikel tersedia dalam bahasa Inggris atau bahasa Indonesia.
 7. Artikel memiliki teks lengkap yang dapat diakses untuk dilakukan evaluasi.

Kriteria Eksklusi :

Artikel dikeluarkan apabila:

1. Tidak berkaitan dengan probiotik, herbal, fermentasi, sediaan topikal, atau penyembuhan luka.
2. Hanya membahas manfaat yoghurt sebagai pangan tanpa relevansi terhadap probiotik, bioaktivitas, atau aplikasi topikal.
3. Hanya membahas penyakit gastrointestinal tanpa hubungan dengan kulit atau wound healing.
4. Artikel berupa editorial, surat kepada editor, komentar, berita, abstrak konferensi tanpa data lengkap, atau opini.
5. Artikel duplikat.
6. Artikel dengan informasi metodologi atau hasil yang tidak memadai untuk dilakukan sintesis.
7. Penelitian yang tidak memiliki hubungan dengan tujuan review.

Proses Seleksi Literatur

Seluruh hasil pencarian dari database dikumpulkan dan dilakukan proses penghapusan artikel duplikat. Selanjutnya dilakukan seleksi dalam tiga tahap, yaitu:

Tahap pertama, seleksi berdasarkan judul untuk menghilangkan artikel yang tidak relevan.

Tahap kedua, seleksi berdasarkan abstrak untuk menilai kesesuaian artikel dengan populasi, intervensi, pembandingan, dan outcome yang telah ditentukan.

Tahap ketiga, artikel yang lolos seleksi abstrak dianalisis berdasarkan teks lengkap untuk menentukan kesesuaian dengan kriteria inklusi dan eksklusi.

Proses seleksi dilakukan secara sistematis dan dilaporkan dalam PRISMA *flow diagram*, yang mencakup jumlah artikel yang teridentifikasi, jumlah artikel setelah penghapusan duplikasi, jumlah artikel yang disaring, artikel yang dieksklusi, alasan eksklusi, dan jumlah artikel yang akhirnya dimasukkan ke dalam sintesis.

Esktraksi Data

Data dari artikel yang memenuhi kriteria diekstraksi menggunakan tabel ekstraksi terstandar. Informasi yang dikumpulkan (tabel 1).

Tabel 1. Ekstraksi Data

Komponen

Identitas artikel
Jurnal
Desain Penelitian

Probiotik
Herbal
Fermentasi

Formulasi

Model luka

Mikroorganisme

Data yang diekstraksi

Penulis, tahun, negara
Nama jurnal dan database indeks
In vitro, in vivo, clinical trial, systematic review
Spesies/strain dan konsentrasi
Nama tanaman dan bagian tanaman
Jenis substrat, lama fermentasi, kondisi fermentasi
Gel, hydrogel, cream, film, dressing, yoghurt, atau bentuk lainnya
Luka bakar, luka terinfeksi, luka kronis, atau model lainnya
Patogen yang diuji

Parameter	pH, stabilitas, viskositas, daya sebar, aktivitas antimikroba, dll.
Outcome biologis	Kontraksi luka, epitelisasi, kolagen, inflamasi, angiogenesis
Hasil utama	Efektivitas dan temuan utama
Keamanan	Toksisitas, iritasi, efek samping
Keterbatasan	Keterbatasan penelitian

Penilaian Kualitas dan Risiko Bias

Kualitas metodologis artikel dievaluasi berdasarkan desain penelitian. Penelitian eksperimental *in vivo* dan *in vitro* dinilai berdasarkan kejelasan desain, kelompok kontrol, jumlah sampel atau replikasi, metode intervensi, metode pengukuran outcome, serta konsistensi pelaporan hasil.

Untuk randomized controlled trial, penilaian risiko bias dapat dilakukan menggunakan Cochrane Risk of Bias 2 (RoB 2). Untuk penelitian *non-randomized* dapat digunakan ROBINS-I, sedangkan systematic review dapat dinilai menggunakan AMSTAR 2.

Penilaian kualitas dilakukan untuk memastikan bahwa kesimpulan tidak hanya didasarkan pada jumlah penelitian, tetapi juga mempertimbangkan kekuatan metodologis dan potensi bias masing-masing penelitian.

Sintesis Data

Karena penelitian mengenai yoghurt herbal, probiotik, tanaman obat, dan sediaan topikal memiliki variasi yang tinggi dalam hal strain mikroorganisme, jenis tanaman, konsentrasi bahan aktif, bentuk sediaan, model luka, dan parameter outcome, data dianalisis menggunakan sintesis naratif.

Hasil penelitian dikelompokkan menjadi lima tema utama:

1. Potensi probiotik dan bakteri asam laktat dalam penyembuhan luka
2. Potensi herbal dan kearifan lokal sebagai bahan aktif penyembuhan luka
3. Teknologi fermentasi yoghurt dan biokonversi senyawa bioaktif
4. Pengembangan probiotik-herbal dalam sediaan topikal
5. Relevansi sediaan topikal sebagai terapi pendamping dalam asuhan keperawatan pada luka bakar

Sintesis dilakukan dengan membandingkan mekanisme, formulasi, konsentrasi, outcome, efektivitas, keamanan, serta keterbatasan masing-masing penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan Pemanfaatan Probiotik pada Penyembuhan Luka

Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan probiotik telah berkembang dari pendekatan nutrisi dan kesehatan gastrointestinal menuju aplikasi pada kulit dan penyembuhan luka. Probiotik, khususnya bakteri asam laktat, mempunyai kemampuan menghasilkan metabolit seperti asam laktat, asam asetat, bakteriosin, dan senyawa bioaktif lainnya yang dapat memengaruhi lingkungan mikro luka. Mekanisme tersebut berpotensi menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen sekaligus mempertahankan keseimbangan mikrobiota kulit.

Xu et al., (2024) mengembangkan hidrogel probiotik yang mengandung *Lactobacillus paracasei* TYM202. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrogel tersebut mampu mempertahankan viabilitas probiotik, menghasilkan asam laktat dan asam asetat, menghambat mikroorganisme patogen, menurunkan inflamasi, meningkatkan angiogenesis, dan meningkatkan deposisi kolagen. Temuan ini memperlihatkan bahwa probiotik tidak hanya berfungsi sebagai agen antimikroba, tetapi juga dapat berperan sebagai regulator lingkungan mikro luka.

Temuan tersebut memperkuat konsep bahwa bakteri asam laktat dalam yoghurt dapat menjadi salah satu komponen biologis yang potensial untuk dikembangkan dalam sediaan topikal. Namun demikian, efek biologis tidak dapat diasumsikan sama untuk seluruh strain

karena aktivitas probiotik sangat bergantung pada spesies, strain, konsentrasi, viabilitas, serta kondisi lingkungan luka.

Probiotik sebagai Agen Antimikroba pada Luka

Infeksi merupakan salah satu faktor yang dapat menghambat proses penyembuhan luka. Pada luka bakar, kerusakan sawar kulit menyebabkan jaringan lebih mudah mengalami kolonisasi mikroorganisme. Oleh karena itu, kemampuan probiotik dalam menghambat patogen menjadi salah satu aspek penting dalam pengembangan terapi topikal.

Penelitian Xu *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa hidrogel yang mengandung *L. paracasei* dapat mempertahankan keseimbangan mikrobiota luka sekaligus menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Aktivitas tersebut berkaitan dengan pelepasan asam laktat dan asam asetat selama aktivitas metabolisme bakteri.

Penelitian Tao *et al.*, (2024) juga mengembangkan *living hydrogel* yang mengandung *Lactobacillus plantarum*. Sistem tersebut mempertahankan lebih dari 80% viabilitas bakteri yang terperangkap dan menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Candida albicans*. Pada model luka kulit manusia, hidrogel mampu menghambat pembentukan biofilm patogen.

Bukti tersebut memberikan dasar bahwa bakteri probiotik dapat digunakan sebagai komponen aktif dalam biomaterial hidup (*living biomaterial*). Konsep ini relevan dengan pengembangan yoghurt herbal karena bakteri asam laktat hasil fermentasi dapat dipertahankan dalam sistem topikal apabila formulasi mampu menjaga viabilitasnya.

Bukti Khusus Probiotik pada Luka Bakar

Bukti mengenai probiotik pada luka bakar secara khusus juga semakin berkembang. Arshad *et al.*, (2024) melakukan kajian mengenai hidrogel probiotik topikal untuk luka bakar dan menunjukkan bahwa berbagai sistem hidrogel telah dikembangkan untuk membawa probiotik, termasuk *in situ hydrogel*, emulgel, nanogel, hidrogel penghasil asam, dan sistem hidrogel berbasis bahan herbal. Kajian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi probiotik secara topikal mempunyai potensi dalam mempercepat penyembuhan luka melalui pengendalian patogen dan modulasi lingkungan luka.

Bukti mengenai probiotik pada luka bakar secara khusus juga semakin berkembang. Arshad *et al.*, (2024) melakukan kajian mengenai hidrogel probiotik topikal untuk luka bakar dan menunjukkan bahwa berbagai sistem hidrogel telah dikembangkan untuk membawa probiotik, termasuk *in situ hydrogel*, emulgel, nanogel, hidrogel penghasil asam, dan sistem hidrogel berbasis bahan herbal. Kajian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi probiotik secara topikal mempunyai potensi dalam mempercepat penyembuhan luka melalui pengendalian patogen dan modulasi lingkungan luka.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa bentuk sediaan merupakan faktor penting. Probiotik tidak cukup hanya diaplikasikan secara langsung pada luka karena lingkungan luka, oksigen, kelembapan, pH, dan komponen formulasi dapat memengaruhi viabilitas bakteri.

Pengembangan Sistem *In Situ Gelling* Probiotik

Moraffah *et al.*, (2025) mengembangkan mikropartikel probiotik dengan sistem *in situ gelling* menggunakan pendekatan *Quality by Design*. Probiotik dienkapsulasi dalam jaringan polimer alami dan sistem tersebut dioptimasi untuk memperoleh karakteristik yang sesuai sebagai dressing luka bakar. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa sistem enkapsulasi dapat menjadi strategi untuk mempertahankan probiotik sekaligus memberikan efek biologis pada lingkungan luka.

Pendekatan tersebut penting untuk pengembangan yoghurt herbal karena hasil fermentasi yoghurt mempunyai komponen yang kompleks, termasuk protein susu, asam organik, metabolit mikroba, dan senyawa tanaman apabila ditambahkan herbal. Kompleksitas

tersebut dapat memengaruhi stabilitas dan karakteristik fisik sediaan. Oleh karena itu, diperlukan formulasi yang mampu mengubah yoghurt herbal menjadi bentuk sediaan yang lebih stabil dan mudah diaplikasikan.

Potensi Tanaman Herbal untuk Luka Bakar

Selain probiotik, tanaman obat merupakan sumber senyawa bioaktif yang berpotensi digunakan untuk penyembuhan luka. Senyawa seperti flavonoid, fenolik, tanin, terpenoid, dan saponin dapat memberikan aktivitas antioksidan, antimikroba, antiinflamasi, dan mendukung regenerasi jaringan.

Bagheri *et al.*, (2025) melakukan systematic review terhadap penelitian *in vitro*, *in vivo*, dan klinis mengenai tanaman obat untuk luka bakar. Review tersebut menggunakan database PubMed, Scopus, Embase, dan Web of Science. Dari 4.884 rekaman yang teridentifikasi, sebanyak 114 studi masuk dalam sintesis kualitatif dan enam studi dikeluarkan setelah penilaian kualitas. Outcome yang dianalisis meliputi kontraksi luka, waktu penyembuhan, histopatologi, viabilitas sel, dan migrasi sel.

Hasil *systematic review* tersebut memperlihatkan bahwa tanaman obat memiliki potensi yang cukup luas dalam mendukung penyembuhan luka bakar, tetapi heterogenitas jenis tanaman, bagian tanaman, ekstraksi, dosis, dan bentuk sediaan masih menjadi kendala. Oleh karena itu, penggunaan tanaman herbal berbasis kearifan lokal harus diikuti dengan standardisasi bahan baku dan validasi aktivitas biologis.

Bukti Klinis Formulasi Herbal untuk Penyembuhan Luka

Ahmed *et al.*, (2025) melakukan systematic review mengenai penggunaan obat herbal untuk pengelolaan luka dengan pencarian pada PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, J-Gate, dan Ayush Research Portal. Review tersebut menyoroti berbagai formulasi herbal yang telah diteliti secara klinis maupun praklinis.

Temuan tersebut memperkuat dasar pemanfaatan tanaman herbal sebagai kandidat bahan aktif, tetapi juga menunjukkan bahwa bukti klinis harus dibedakan dari bukti *in vitro* dan *in vivo*. Oleh sebab itu, dalam pengembangan yoghurt herbal topikal, klaim awal sebaiknya menggunakan istilah “berpotensi mendukung penyembuhan luka” atau “kandidat terapi pendamping”, bukan langsung menyatakan sebagai terapi penyembuh luka bakar.

Fermentasi Yoghurt sebagai Platform Bioteknologi

Yoghurt merupakan produk fermentasi yang secara umum melibatkan bakteri asam laktat, terutama *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. Dalam konteks penelitian ini, fermentasi tidak hanya dipandang sebagai proses pembuatan pangan, tetapi dapat dikembangkan sebagai platform biokonversi senyawa bioaktif.

Fermentasi oleh bakteri asam laktat dapat menyebabkan perubahan pH dan menghasilkan metabolit seperti asam organik. Apabila bahan herbal ditambahkan ke dalam sistem fermentasi, interaksi antara mikroorganisme dan fitokimia tanaman berpotensi mengubah profil metabolit dan bioaktivitas bahan.

Dukungan terhadap konsep hubungan antara mikroorganisme fermentatif dan aktivitas biologis juga terlihat pada penelitian Ugras *et al.*, (2024), yang mengisolasi *Pediococcus pentosaceus* strain AF2 dari *Herniaria glabra* yang secara tradisional digunakan dalam pembuatan yoghurt. Strain tersebut menunjukkan karakteristik probiotik dan aktivitas yang berkaitan dengan penyembuhan luka.

Temuan tersebut menarik karena menunjukkan adanya hubungan konseptual antara bakteri fermentasi, tradisi yoghurt, bahan tanaman, dan aktivitas penyembuhan luka. Namun, penelitian tersebut tidak berarti bahwa yoghurt herbal secara langsung telah terbukti sebagai terapi luka bakar; hubungan tersebut masih harus dibuktikan melalui penelitian formulasi dan pengujian biologis.

Potensi Sinergisme Probiotik dan Herbal

Berdasarkan sintesis literatur, kombinasi probiotik dan herbal secara teoritis berpotensi menghasilkan efek komplementer. Probiotik dapat memberikan aktivitas melalui produksi asam organik, bakteriosin, kompetisi dengan patogen, modulasi mikrobiota, dan pengaruh terhadap respons imun. Sementara itu, herbal dapat menyediakan flavonoid, fenolik, terpenoid, tanin, dan metabolit sekunder lain yang mempunyai aktivitas antioksidan dan antiinflamasi.

Pengaruh Probiotik terhadap Mikrobiota Kulit

Salah satu perkembangan penting dalam penelitian luka modern adalah perubahan paradigma dari sekadar membunuh seluruh mikroorganisme menjadi upaya mempertahankan keseimbangan mikrobiota luka.

Xu *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa hidrogel probiotik dapat mempertahankan kestabilan mikrobiota kulit sambil menghambat patogen. Sistem tersebut mempertahankan keseimbangan mikroorganisme pada tingkat filum, mengurangi inflamasi, meningkatkan angiogenesis, dan meningkatkan deposisi kolagen.

Hal ini mempunyai implikasi penting terhadap konsep yoghurt herbal. Apabila bakteri asam laktat tetap hidup dalam formulasi topikal, sediaan tersebut secara teoritis dapat berfungsi sebagai *living therapeutic system*. Namun, keberadaan mikroorganisme hidup juga menimbulkan tuntutan keamanan yang lebih tinggi, terutama terkait strain yang digunakan, identifikasi mikrobiologis, stabilitas, kontaminasi, dan keamanan pada pasien dengan kondisi luka tertentu.

Aktivitas Antioksidan dan Anti-Inflamasi

Luka bakar menghasilkan stres oksidatif dan respons inflamasi yang merupakan bagian dari proses penyembuhan. Inflamasi diperlukan untuk membersihkan jaringan yang rusak, tetapi inflamasi berkepanjangan dapat memperlambat proliferasi dan remodeling jaringan.

Probiotik dapat memengaruhi respons imun dan profil sitokin. Kajian Hajjalibabaei *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa probiotik dan mikrobiota mempunyai hubungan dengan jalur pensinyalan imun, apoptosis, autophagy, dan integritas barrier setelah cedera akibat luka bakar. Beberapa model eksperimen menunjukkan adanya pengaruh probiotik terhadap inflamasi dan respons imun.

Sementara itu, tanaman obat menyediakan senyawa fenolik dan flavonoid yang berpotensi menangkap radikal bebas. Dengan demikian, kombinasi keduanya dapat menjadi dasar hipotesis bahwa yoghurt herbal berpotensi memberikan aktivitas antioksidan dan antiinflamasi yang lebih luas.

Untuk membuktikan mekanisme tersebut, penelitian eksperimental selanjutnya sebaiknya mengukur DPPH/ABTS, total fenolik, total flavonoid, kadar sitokin proinflamasi dan antiinflamasi, serta marker stres oksidatif.

Potensi Mendukung Regenerasi Jaringan

Penyembuhan luka terdiri atas fase hemostasis, inflamasi, proliferasi, dan remodeling. Pada fase proliferasi terjadi migrasi keratinosit, proliferasi fibroblas, pembentukan jaringan granulasi, angiogenesis, dan deposisi kolagen.

Xu *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa hidrogel probiotik dapat meningkatkan angiogenesis dan deposisi kolagen pada model luka. Pirouzzadeh *et al.*, (2025) juga

menunjukkan bahwa formulasi film probiotik-alginat yang mengandung *Aloe vera* dapat mempercepat penyembuhan luka dan menurunkan beban mikroba.

Dengan demikian, aktivitas penyembuhan tidak hanya berasal dari efek antimikroba, tetapi kemungkinan merupakan hasil interaksi beberapa mekanisme, yaitu pengendalian patogen, modulasi inflamasi, pemeliharaan lingkungan luka, angiogenesis, dan pembentukan kolagen.

Implikasi Formulasi untuk Yoghurt Herbal

Berdasarkan literatur, formulasi menjadi salah satu aspek paling kritis dalam pengembangan yoghurt herbal. Penelitian probiotik terbaru telah menunjukkan bahwa hidrogel, film alginat, dan mikropartikel dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas dan viabilitas mikroorganisme.

Oleh karena itu, yoghurt herbal sebaiknya tidak langsung diposisikan sebagai yoghurt yang dioleskan ke luka, tetapi sebagai bahan biologis hasil fermentasi yang selanjutnya diformulasikan menjadi sediaan topikal yang memenuhi persyaratan keamanan dan stabilitas. Beberapa bentuk sediaan yang dapat dikembangkan meliputi:

- hydrogel;
- gel;
- emulgel;
- film;
- biofilm;
- dressing berbasis biopolimer.

Parameter yang perlu dievaluasi meliputi pH, viskositas, homogenitas, daya sebar, daya lekat, stabilitas, kadar air, viabilitas probiotik, aktivitas antimikroba, aktivitas antioksidan, dan keamanan terhadap sel kulit.

Relevansi terhadap Asuhan Keperawatan

Dari perspektif keperawatan, sediaan yoghurt herbal dapat ditempatkan sebagai intervensi pendamping, bukan pengganti terapi medis standar. Hal tersebut penting karena luka bakar memiliki tingkat keparahan dan karakteristik yang berbeda sehingga penggunaan bahan topikal harus mempertimbangkan kedalaman luka, luas luka, kondisi pasien, risiko infeksi, dan standar perawatan yang berlaku.

Pengembangan dressing aktif berbasis probiotik dapat mendukung prinsip perawatan luka modern yang tidak hanya memberikan perlindungan mekanis, tetapi juga menciptakan lingkungan yang mendukung penyembuhan. Dengan demikian, apabila yoghurt herbal telah melalui tahap validasi keamanan dan efektivitas, potensinya dapat diarahkan untuk mendukung beberapa aspek asuhan keperawatan, seperti pemeliharaan lingkungan luka, pengendalian kolonisasi mikroorganisme, pemantauan penyembuhan, dan evaluasi respons kulit.

Research Gap

Berdasarkan keseluruhan literatur yang dianalisis, terdapat beberapa *research gap*.

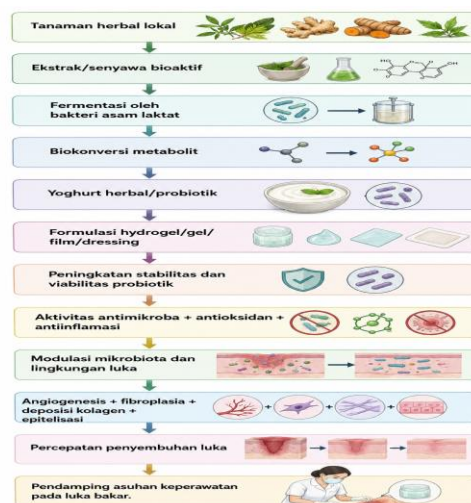
Pertama, penelitian probiotik pada luka bakar telah berkembang, tetapi sebagian besar menggunakan strain probiotik tertentu yang diformulasikan dalam biomaterial, seperti alginat, hidrogel, atau mikropartikel. Kedua, penelitian herbal telah menunjukkan potensi terhadap penyembuhan luka bakar, tetapi jenis tanaman, metode ekstraksi, dosis, dan bentuk sediaannya sangat beragam.

Ketiga, masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara langsung mengintegrasikan: tanaman herbal lokal + fermentasi yoghurt + bakteri asam laktat/probiotik + formulasi topikal + luka bakar. Keempat, penelitian yang menghubungkan inovasi tersebut secara eksplisit dengan pendamping asuhan keperawatan juga masih terbatas.

Dengan demikian, penelitian mengenai Bioteknologi Yoghurt Herbal Berbasis Kearifan Lokal berupa Sediaan Topikal sebagai Pendamping Asuhan Keperawatan pada Luka Bakar mempunyai peluang kebaruan yang cukup kuat, terutama pada integrasi bioteknologi fermentasi, bahan alam, probiotik, dan teknologi sediaan topikal.

Model Konseptual yang Diusulkan

Berdasarkan sintesis literatur, model konseptual penelitian dapat dirumuskan pada gambar 1 sebagai berikut:



Gambar 1. Model konseptual yang diusulka

Sintesis Akhir

Secara keseluruhan, bukti ilmiah terbaru mendukung pengembangan probiotik sebagai komponen potensial dalam terapi topikal luka. Penelitian 2024 menunjukkan bahwa hidrogel probiotik dapat mempertahankan mikrobiota luka, mengurangi inflamasi, meningkatkan angiogenesis, dan meningkatkan deposisi kolagen. Penelitian 2025 kemudian memperlihatkan bahwa probiotik dapat diformulasikan dalam film alginat maupun sistem *in situ gelling* untuk meningkatkan stabilitas dan efektivitas pada luka bakar.

Pada sisi lain, *systematic review* tanaman obat tahun 2025 memberikan bukti bahwa berbagai tanaman mempunyai potensi dalam meningkatkan kontraksi luka, mempercepat epitelisasi, meningkatkan migrasi sel, dan memperbaiki parameter histopatologis pada luka bakar. Oleh karena itu, integrasi tanaman herbal lokal dengan fermentasi yoghurt merupakan konsep bioteknologi yang menarik untuk dikembangkan. Akan tetapi, bukti langsung mengenai yoghurt herbal sebagai sediaan topikal pada luka bakar masih belum memadai, sehingga penelitian eksperimental diperlukan untuk membuktikan keamanan, stabilitas, aktivitas biologis, dan efektivitasnya.

Posisi ilmiah yang paling tepat dari penelitian ini adalah bahwa yoghurt herbal merupakan kandidat sediaan topikal berbasis bioteknologi yang berpotensi menjadi terapi pendamping, bukan pengganti terapi standar luka bakar. Penelitian lanjutan perlu membuktikan hubungan antara komposisi herbal, strain probiotik, hasil fermentasi, profil metabolit, karakteristik formulasi, dan outcome penyembuhan luka secara sistematis.

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis literatur, yoghurt herbal berbasis kearifan lokal memiliki prospek sebagai kandidat sediaan topikal inovatif yang mengintegrasikan probiotik dan senyawa bioaktif tanaman. Aktivitas bakteri asam laktat dan metabolit tanaman berpotensi memberikan efek komplementer melalui pengendalian mikroorganisme patogen, modulasi mikrobiota, pengurangan stres oksidatif dan inflamasi, serta dukungan terhadap angiogenesis, deposisi kolagen, dan regenerasi jaringan.

Perkembangan teknologi *probiotic hydrogel*, alginate film, dan *in situ gelling probiotic system* memberikan dasar teknologi yang kuat untuk mentransformasi hasil fermentasi yoghurt menjadi sediaan topikal yang lebih stabil dan aplikatif. Namun, terdapat research gap berupa terbatasnya bukti langsung mengenai kombinasi yoghurt + herbal lokal + probiotik + formulasi topikal khusus untuk luka bakar.

Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu difokuskan pada standardisasi tanaman herbal, optimasi fermentasi, identifikasi metabolit menggunakan LC-MS, pengukuran viabilitas

bakteri asam laktat, formulasi hydrogel/gel/film, uji antibakteri, antioksidan dan antiinflamasi, uji sitotoksitas, serta validasi penyembuhan luka secara in vivo dan klinis. Dalam konteks pelayanan kesehatan, produk tersebut berpotensi dikembangkan sebagai terapi pendamping asuhan keperawatan pada luka bakar, dengan tetap mempertahankan terapi standar sebagai dasar penatalaksanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambrose, L., Dinu, C. A., Gurau, G., Maftai, N. M., Matei, M. N., Hincu, M. A., ... & Mehedinti, M. C. (2025). The role of probiotics in healing burns and skin wounds; an integrative approach in the context of regenerative medicine. *Life*, 15(9), 1434.
- Ahmed, L. A., Hussain, A., Barbhuiya, P. A., Zaman, S., Laskar, A. M., Pathak, M. P., ... & Sen, S. (2025). Herbal medicine for the management of wounds: a systematic review of clinical studies. *Infectious Disorders-Drug Targets*, 25(5), E18715265320593.
- Arshad, T., Mundrathi, V., Perez, V. E., Nunez, J. M., & Cho, H. (2024). Topical probiotic hydrogels for burn wound healing. *Gels*, 10(9), 545.
- Bagheri, M., Zarei, S. M., Soodmand, M., Mardani Nafchi, H., & Hashemi Poor, M. H. (2025). In Vitro, In Vivo, and Clinical Trial Approaches to Investigate the Effects of Medicinal Plants on Burn Wound Healing: A Systematic Review. *International wound journal*, 22(11), e70779.
- Hajialibabaei, R., Sayeli, F. G., Aghadavood, E., Poudineh, M., Khaledi, A., & Bamneshin, K. (2025). The beneficial role of probiotics and gut microbiota in signaling pathways, immunity, apoptosis, autophagy, and intestinal barrier for effective wound healing post-burn injury. *Microbial pathogenesis*, 206, 107816.
- Li, Z., Zhang, S., Zuber, F., Altenried, S., Jaklenec, A., Langer, R., & Ren, Q. (2023). Topical application of Lactobacilli successfully eradicates *Pseudomonas aeruginosa* biofilms and promotes wound healing in chronic wounds. *Microbes and infection*, 25(8), 105176.
- Moraffah, F., Samadi, N., Abdollahi, M., Ostad, S. N., Dolatabadi, R., Pirouzzadeh, M., & Vatanara, A. (2025). Advancing burn wound healing with an innovative in situ gelling probiotic microparticle formulation employing quality by design (QbD) principles. *Journal of Tissue Viability*, 34(2), 100860.
- Pirouzzadeh, M., Moraffah, F., Samadi, N., Sharifzadeh, M., Motasadizadeh, H., & Vatanara, A. (2025). Enhancement of burn wound healing using optimized bioactive probiotic-loaded alginate films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 301, 140454.
- Rezaldi, F., Anggraeni, S. D., Ma'ruf, A., Andry, M., Faisal, H., Winata, H. S., ... & Nasution, M. A. (2023). Antibakteri pada Formulasi Sediaan Sabun Mandi Kombucha Bunga Telang (*Clitoria ternatea* L) sebagai Produk Bioteknologi Farmasi. *Jurnal Biotek*, 11(1), 73-86.
- Rezaldi, F., Suminar, E., Mubarak, S., Maritha, V., Gumilar, R., & Zubaidah, E. (2025). Metode Bioteknologi Tanaman Lavender (*Lavandula Officinalis*) Jangka Panjang Sebagai Aromaterapi Bagi Penyakit Genetik Yang Tereksresi Gen Target Level Molekular (Kajian Pustaka). *Jurnal Ilmiah Kesehatan Delima*, 7(2), 275-285.
- Rezaldi, F., Nabilla, J., Nurmaulawati, R., Ayuwardani, N., Suminar, E., Zulkarnain, M., ... & Somantri, U. W. (2025). Manfaat Kefir Dan Yoghurt Sebagai Prospek Masa Depan Bahan Baku Kosmetik Antiaging Dan Ramah Lingkungan. *Jurnal Kesehatan Tujuh Belas (Jurkes TB)*, 6(1).
- Rezaldi, F., & Surahman, Y. T. (2026). Integrasi Kearifan Lokal dan Farmakogenetik dalam Pengembangan Pengobatan Alami Berbasis Personalized Medicine. *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 7(1), 29-39.
- Surahman, Y. T., & Rezaldi, F. (2026). Literatur Review: Potensi Kearifan Lokal Papua dan Farmasi Pada Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam.) sebagai Antimalaria, Antivirus HIV, dan Antiaging. *Jurnal Ilmiah Farmasi Attamru (JIFA)*, 7(1), 14-28.

- Tao, S., Zhang, S., Wei, K., Maniura-Weber, K., Li, Z., & Ren, Q. (2024). An injectable living hydrogel with embedded probiotics as a novel strategy for combating multifaceted pathogen wound infections. *Advanced healthcare materials*, 13(27), 2400921.
- Thiagarajan, A. B., Narloch, K., Chernyak, M., Rojek, N. W., Sharma, A. N., & Horton, L. (2026). Probiotic and prebiotic interventions in burn patients: A systematic review. *Burns*, 107912.
- Thiagarajan, A. B., Narloch, K., Chernyak, M., Rojek, N. W., Sharma, A. N., & Horton, L. (2026). Probiotic and prebiotic interventions in burn patients: A systematic review. *Burns*, 107912.
- Ugras, S., Fidan, A., & Yoldas, P. A. (2024). Probiotic potential and wound-healing activity of *Pediococcus pentosaceus* strain AF2 isolated from *Herniaria glabra* L. which is traditionally used to make yogurt. *Archives of Microbiology*, 206(3), 115.
- Xu, H., Li, Y., Song, J., Zhou, L., Wu, K., Lu, X., ... & Gao, J. (2024). Highly active probiotic hydrogels matrixed on bacterial EPS accelerate wound healing via maintaining stable skin microbiota and reducing inflammation. *Bioactive materials*, 35, 31-44.