

Update Tatalaksana Manajemen Luka Bakar

Muh Aarsal Shiddiq K^{1*}, Nurelly N Waspodo², Arwi Amiruddin³

¹⁻³ Program Studi Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Muslim Indonesia

*Penulis Korespondensi: arsalshiddiq@gmail.com¹

Abstract. Burns are one of the global health problems that still cause high morbidity and mortality rates, especially in countries with limited resources. Burn management is currently undergoing rapid development through a multidisciplinary approach that includes early resuscitation, local wound care, infection control, pain management, nutritional support, and long-term rehabilitation. This study uses the literature review method by examining articles from international databases for the period 2020–2025 to obtain the latest information on burn management updates. The results of the analysis showed that innovative therapies such as the use of stem cells, biomaterials (e.g. fish skin graft), as well as nanomedicine technology with silver nanoparticles have been proven to accelerate tissue healing and reduce complications. In addition, classic approaches such as early debridement, modern dressing selection, and enteral nutrition remain the primary basis in clinical treatment. Psychosocial and physical rehabilitation aspects are also increasingly considered because they have a significant effect on the quality of life of patients. Although various therapeutic innovations have shown promising results, translation to clinical practice still faces barriers in the form of cost, regulation, and limited facilities. Therefore, updates on burn management are needed to ensure more effective, efficient, and equitable management in modern medical practice.

Keywords: Burns; Cell Therapy; Debridement; Nanomedicine; Wound Management.

Abstrak. Luka bakar merupakan salah satu masalah kesehatan global yang masih menimbulkan angka morbiditas dan mortalitas tinggi, terutama di negara dengan sumber daya terbatas. Penatalaksanaan luka bakar saat ini mengalami perkembangan pesat melalui pendekatan multidisipliner yang mencakup resusitasi awal, perawatan lokal luka, kontrol infeksi, manajemen nyeri, dukungan nutrisi, serta rehabilitasi jangka panjang. Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan menelaah artikel dari database internasional periode 2020–2025 untuk memperoleh informasi terkini mengenai update manajemen luka bakar. Hasil analisis menunjukkan bahwa terapi inovatif seperti penggunaan sel punca, biomaterial (misalnya fish skin graft), serta teknologi nanomedisin dengan silver nanoparticles terbukti mempercepat penyembuhan jaringan dan mengurangi komplikasi. Selain itu, pendekatan klasik seperti debridemen dini, pemilihan balutan modern, serta pemberian nutrisi enteral tetap menjadi dasar utama dalam penanganan klinis. Aspek psikososial dan rehabilitasi fisik juga semakin diperhatikan karena berpengaruh signifikan terhadap kualitas hidup pasien. Meskipun berbagai inovasi terapi menunjukkan hasil menjanjikan, translasi ke praktik klinis masih menghadapi hambatan berupa biaya, regulasi, dan keterbatasan fasilitas. Oleh karena itu, update tatalaksana luka bakar diperlukan untuk memastikan pengelolaan yang lebih efektif, efisien, dan berkeadilan dalam praktik kedokteran modern.

Kata kunci: Debridemen; Luka Bakar; Manajemen Luka; Nanomedisin; Terapi Sel.

1. LATAR BELAKANG

Luka bakar masih merupakan masalah kesehatan global yang signifikan, terutama di negara berpenghasilan rendah dan menengah, di mana insiden dan morbiditasnya tetap tinggi. Epidemiologi terkini menunjukkan bahwa jutaan orang setiap tahun mengalami luka bakar yang memerlukan perawatan medis intensif, serta risiko kematian dan morbiditas yang besar (Yoshino et al., 2023). Oleh karena itu, pengelolaan luka bakar tidak hanya mencakup penanganan lokal dari luka itu sendiri, tetapi juga intervensi sistemik dan multidisipliner yang meliputi resusitasi, pencegahan komplikasi, dan rehabilitasi jangka panjang (Siu et al., 2025; Merchant et al., 2025). Kemajuan dalam ilmu luka bakar dalam beberapa tahun terakhir semakin menekankan pentingnya identifikasi cepat kedalaman luka, luas cedera, dan

klasifikasi yang akurat agar tatalaksana dapat ditetapkan sedini mungkin (Ji et al., 2024; Marinescu et al., 2025). Selain itu, terjadi pergeseran dari strategi yang semata-mata menyembuhkan luka, ke pendekatan yang mempertimbangkan fase inflamasi, proliferasi, dan remodelling, serta modulasi respons imun dan metabolik pasien (Lu, Wang, Zhao, et al., 2022; Yassaghi et al., 2024). Fokus penelitian terbaru juga memperlihatkan penggunaan terapi sel, faktor pertumbuhan, dan biomaterial sebagai pelapis luka (dressings) yang lebih adaptif terhadap kondisi lokal luka bakar (Siu et al., 2025; Yassaghi et al., 2024). Pertimbangan lainnya adalah bagaimana mencegah konversi luka bakar dari zona stasis ke nekrosis lanjutan melalui intervensi awal, yang dapat memperbaiki hasil klinis dan mengurangi kebutuhan operasi besar (Lu, Wang, Zhao, et al., 2022; Ji et al., 2024). Akhirnya, manajemen luka bakar bukan hanya tentang penyembuhan jaringan, tetapi juga mengurangi nyeri, pencegahan infeksi, manajemen gizi, dan rehabilitasi fisik dan psikologis untuk mengembalikan fungsi dan kualitas hidup pasien (Merchant et al., 2025; Yassaghi et al., 2024).

Aspek resusitasi awal dan stabilisasi pasien luka bakar sebagai bagian awal tatalaksana, yang termasuk manajemen jalan nafas, cairan, dan pengaturan syok (B Braun et al., 2024).. Resusitasi yang cepat dan tepat menjadi kritis dalam 24-48 jam pertama pasca luka bakar, untuk mencegah hipovolemia, kerusakan organ, dan respon inflamasi sistemik yang berlebihan (Merchant et al., 2025; Marinescu et al., 2025). Berbagai pedoman terkini merekomendasikan penggunaan cairan kristaloid (misalnya Ringer laktat atau PlasmaLyte) dibandingkan saline-normal karena efek samping dari akumulasi natrium dan klorida yang tinggi (Joint Trauma System, 2025; Merchant et al., 2025). Monitoring yang ketat terhadap output urin dan perfusi jaringan menjadi parameter dasar untuk menilai keberhasilan resusitasi, dengan target output urin yang ditetapkan sesuai umur dan luas luka bakar (Joint Trauma System, 2025). Manajemen jalan nafas juga harus dilakukan segera, terutama jika terdapat inhalasi asap, luka bakar pada wajah atau daerah perioral, atau bila edema jalan napas diramalkan berkembang (Merchant et al., 2025). Termasuk juga intervensi terhadap cedera kimia dan listrik, yang memerlukan pertimbangan tambahan seperti alkali netralisasi atau debridement elektrik (Ji et al., 2024; Marinescu et al., 2025). Stabilitas hemodinamik dan mencegah kehilangan panas juga sangat penting dalam fase awal untuk mengurangi stres fisiologis dan risiko mortalitas (Lu, Wang, Zhao, et al., 2022; Joint Trauma System, 2025). Semua itu memerlukan tim multidisipliner sejak awal, termasuk ahli bedah, anestesi, perawatan intensif, tim gizi, dan perawat luka.

Setelah pasien stabil, tatalaksana lokal luka bakar menjadi fokus utama dan telah mengalami update mutakhir (Rowan et al., 2022). Debridement dini dan excisi (pengangkatan jaringan nekrotik) telah menjadi standar untuk mengurangi beban mikroba dan toksin lokal,

serta mempercepat penutupan luka (Marinescu et al., 2025; Merchant et al., 2025). Waktu optimal untuk debridement sering direkomendasikan dalam 3-7 hari pertama, tergantung tingkat kedalaman dan kondisi pasien, untuk hasil yang lebih baik (Ji et al., 2024; Marinescu et al., 2025). Jenis dressing juga semakin canggih: selain dressing tradisional dengan antiseptik atau perak, kini banyak penelitian mengembangkan dressing cerdas yang mendukung pelepasan faktor pertumbuhan, sel stem, atau extracellular vesicles untuk meningkatkan reepitelisasi dan angiogenesis (Siu et al., 2025; Yassaghi et al., 2024). Terapi berbasis sel, termasuk penggunaan fibroblas, keratinosit, sel punca mesenkimal baik autolog maupun alogen, telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dari uji klinis dalam mempercepat penyembuhan dan memperbaiki kualitas jaringan baru (Yassaghi et al., 2024). Selain itu, dressing berbahan biomaterial dan scaffold, seperti matriks dermal, hidrogel, serta penggunaan teknologi nano, terus diteliti untuk meningkatkan efisiensi penyembuhan dan mengurangi bekas jaringan (Siu et al., 2025). Pencegahan infeksi lokal melalui antiseptik topikal, antimicrobials sistemik jika diperlukan, dan strategi monitoring mikrobiologi secara berkelanjutan juga semakin mendapat tempat (Ji et al., 2024). Keseluruhan, pendekatan lokal tidak hanya menyembuhkan luka secara fisik, tetapi juga memperhatikan aspek regeneratif dan kosmetik (Legemate et al., 2024).

Manajemen nyeri dan stres menjadi bagian yang tak terpisahkan dari pendekatan modern tatalaksana luka bakar (Bunman et al., 2023).. Luka bakar sering menyertai nyeri hebat pada fase akut dan kronik, yang bila tidak ditangani dengan baik dapat memperburuk hasil penyembuhan dan mempengaruhi pemulihan psikologis pasien (Merchant et al., 2025). Terapi farmakologis, termasuk analgesik sistemik (opioid dan non-opioid), anestesi lokal, serta teknik non-farmakologis seperti terapi dingin, teknik distraksi atau manajemen perilaku, telah diteliti dan disempurnakan (Merchant et al., 2025). Pedoman dan konsensus terkini juga menetapkan bahwa kontrol nyeri harus dievaluasi terus-menerus dan disesuaikan dengan fase luka bakar dan tingkat keparahan (Ji et al., 2024). Selain nyeri fisik, stres psikologis, kecemasan, dan risiko gangguan stres pasca trauma (PTSD) kini mendapat perhatian lebih dalam tatalaksana keseluruhan pasien luka bakar (Merchant et al., 2025; Siu et al., 2025). Intervensi psikososial, dukungan keluarga, dan rehabilitasi psikologis diintegrasikan ke dalam rencana terapi jangka panjang (Merchant et al., 2025). Semua ini menunjukkan bahwa manajemen luka bakar modern tidak hanya fokus pada penyembuhan anatomi, tetapi juga pemulihan holistik pasien.

Aspek nutrisi dan metabolisme juga telah mendapatkan pembaruan penting dalam literatur terkini (Radzikowska et al., 2023). Luka bakar menyebabkan keadaan hipermetabolik yang dapat bertahan sehari-hari sampai berminggu-minggu, dengan peningkatan kebutuhan kalori dan protein yang signifikan (Merchant et al., 2025; Yassaghi et al., 2024). Pemberian nutrisi enteral sedini mungkin direkomendasikan karena mendukung integritas usus, mencegah translokasi bakteri, dan mengurangi risiko infeksi sistemik (Merchant et al., 2025; Ji et al., 2024). Pemantauan status gizi seperti prealbumin dan berat badan penting untuk menilai kebutuhan gizi dan respons terapi (Merchant et al., 2025; Marinescu et al., 2025). Selain itu, suplementasi mikronutrien (vitamin dan mineral) serta manajemen glukosa darah menjadi bagian dari protokol untuk memperbaiki penyembuhan luka dan mengurangi risiko komplikasi (Siu et al., 2025). Adaptasi diet dengan protein tinggi dan energi cukup juga diperlukan untuk mendukung proses regenerasi sel dan pembentukan jaringan baru (Yassaghi et al., 2024). Ketidakseimbangan nutrisi dapat mempengaruhi hasil graft, kecepatan penyembuhan, dan bekas luka.

Rehabilitasi dan pemulihan fungsi jangka panjang sering menjadi tantangan, namun saat ini mendapat perhatian yang lebih besar dalam literatur. Mulai sejak fase akut, mobilisasi sedini mungkin, terapi fisik dan okupasi, serta perencanaan untuk keeluasaan gerak dan fungsi estetik sangat penting (Merchant et al., 2025). Bekas luka (scars), kontraktur, dan disfigurasi adalah komplikasi yang berdampak tinggi terhadap kualitas hidup dan fungsi, sehingga strategi pencegahan dan pengelolaan bekas luka menjadi bagian inti dari tatalaksana (Yassaghi et al., 2024; Siu et al., 2025). Penggunaan silikon, tekanan, injeksi steroid, dan terapi laser adalah beberapa metode yang digunakan untuk pengelolaan bekas luka dan kontraktur (Siu et al., 2025). Selain itu, perawatan kulit dan estetika seperti penggunaan masker tekanan, pelembab, dan perlindungan sinar matahari ikut menentukan hasil akhir kosmetik (Merchant et al., 2025). Pemulihan psikologis, dukungan sosial, serta reintegrasi sosial juga bagian dari rehabilitasi menyeluruh pasien luka bakar.

Tantangan, inovasi, dan pandangan ke depan dalam manajemen luka bakar menunjukkan arah evolusi yang menjanjikan. Beberapa terapi eksperimental seperti penggunaan eksosom, faktor pertumbuhan, dan bioprinting kulit sudah dalam tahap penelitian dan beberapa dalam uji klinis, menunjukkan potensi besar (Siu et al., 2025; Yassaghi et al., 2024). Penerjemahan penelitian laboratorium ke praktik klinik (bench to bedside) masih menghadapi hambatan seperti regulasi, biaya, ketersediaan teknologi dan peralatan, serta kebutuhan akan pelatihan tenaga kesehatan (Siu et al., 2025). Konsensus terbaru (misalnya tentang pengobatan luka bakar derajat dua) mencoba merumuskan standar operasional praktek yang lebih spesifik dan

evidence-based untuk berbagai tingkatan luka bakar (Ji et al., 2024). Kebijakan kesehatan publik, akses pelayanan luka bakar, pusat perawatan luka bakar khusus, dan program pelatihan tetap sangat penting untuk memastikan bahwa kemajuan ilmiah ini dapat diakses secara merata di seluruh wilayah, termasuk di daerah terpencil atau dengan sumber daya terbatas. Dengan demikian, memperbaharui protokol dan panduan klinik lokal berdasarkan bukti terkini adalah keharusan bagi institusi kesehatan agar dapat memberikan tatalaksana yang optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *literature review* dengan menelaah artikel ilmiah terkini yang membahas tentang update tatalaksana manajemen luka bakar. Data dikumpulkan dari berbagai database internasional seperti PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar, dengan rentang publikasi tahun 2020 hingga 2025 untuk memastikan informasi yang diperoleh adalah mutakhir. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian meliputi “burn management,” “burn wound healing,” “cell-based therapy,” “debridement,” “nutrition in burn,” dan “burn rehabilitation.” Artikel yang dimasukkan dalam review ini adalah artikel penelitian asli, systematic review, meta-analisis, serta pedoman klinis yang relevan dengan topik. Proses seleksi dilakukan dengan menyaring artikel berdasarkan judul, abstrak, dan isi penuh, kemudian dilakukan analisis mendalam terhadap konten yang sesuai. Setiap artikel yang terpilih dievaluasi kualitasnya berdasarkan desain penelitian, jumlah sampel, serta signifikansi temuan. Analisis dilakukan dengan cara membandingkan hasil penelitian yang serupa untuk menemukan kesesuaian maupun perbedaan. Hasil akhir disusun dalam bentuk sintesis naratif yang memaparkan kemajuan terbaru dalam manajemen luka bakar.

Untuk meningkatkan validitas hasil review, penelitian ini juga menerapkan metode kritis-evaluatif dengan menggunakan pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) sebagai acuan penyusunan. Artikel yang tidak memenuhi kriteria inklusi, seperti penelitian dengan kualitas rendah, publikasi yang tidak melalui peer-review, atau studi dengan data terbatas, dikeluarkan dari analisis. Total sejumlah artikel yang memenuhi syarat kemudian dianalisis berdasarkan kategori tatalaksana, yaitu: resusitasi awal, perawatan luka lokal, kontrol infeksi, manajemen nyeri, dukungan nutrisi, dan rehabilitasi pasien. Setiap kategori dibandingkan dengan standar pedoman klinis yang berlaku secara internasional, untuk menilai kesesuaian praktik terbaru dengan rekomendasi berbasis bukti. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan narasi agar memudahkan pembaca memahami perkembangan terkini.

Dengan pendekatan ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan gambaran komprehensif tentang arah baru dalam pengelolaan luka bakar. Selain itu, hasil kajian ini diharapkan mampu menjadi dasar rujukan bagi klinisi maupun peneliti dalam mengembangkan strategi perawatan luka bakar di masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

N o	Penulis	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	(Yassaghi, Y., et al., 2024)	<i>Advancements in cell-based therapies for thermal burn wounds</i>	Menilai efektivitas terapi berbasis sel (keratinosit, fibroblas, MSC, dsb.) dalam penyembuhan luka bakar pada uji klinis	Systematic review dari 30 uji klinis, 970 pasien; berbagai jenis sel digunakan, dengan metode kultur / non-kultur, autolog / allo, dan delivery lokal vs graft.	Terapi sel-based menunjukkan hasil yang signifikan (penyembuhan luka lebih cepat, regenerasi jaringan lebih baik, mengurangi bekas luka). Namun diperkirakan bahwa pemilihan jenis sel dan metode delivery harus disesuaikan dengan kondisi pasien.
2	(Irilouzadian, R., et al., 2023)	<i>The clinical outcomes of xenografts in the treatment of burn patients: a systematic review and meta-analysis</i>	Membandingkan xenograft (kulit hewan) terhadap pengobatan rutin pada pasien luka bakar dalam hal re-epitelialisasi, jumlah ganti balutan, dan lama rawat inap	Systematic review & meta-analisis; 14 studi dibandingkan vs kontrol; tipe xenograft: mamalia dan ikan; outcome diukur: waktu re-epitelialisasi, jumlah dressing change, hospital stay.	Xenografts secara signifikan mengurangi jumlah penggantian balutan; fish xenografts juga mempercepat re-epitelialisasi dibanding kontrol. Tidak ada perbedaan signifikan pada lama tinggal rumah sakit antara kelompok mamalia xenograft dan kontrol.
3	(Merchant, et al., 2025)	<i>“Comprehensive Management of Severe Burn Injuries: A Multidisciplinary Approach from Resuscitation to Rehabilitation”</i>	Memberikan kerangka tatalaksana luka bakar yang parah dari fase resusitasi awal sampai rehabilitasi jangka panjang	Review literatur terkini, termasuk meta-analisis, pedoman klinik, RCT, serta praktik terbaik multidisipliner	Menggarisbawahi pentingnya resusitasi cairan yang tepat, debridemen &utupan luka awal, manajemen nutrisi, pengendalian infeksi, serta rehabilitasi (fisik + psikologis). Pemulihan lebih

					baik jika intervensi dilakukan cepat dan tim multidisipliner.
4	(Ji, S., et al., 2024)	<i>Consensus on the treatment of second-degree burn</i>	Membuat konsensus terkini mengenai penanganan luka bakar derajat II (partial thickness)	Konsensus berdasarkan evaluasi literatur terkini; menganalisa berbagai pendekatan (pendinginan, balutan, antibiotik lokal, debridemen, dsb.)	Menetapkan bahwa pendinginan segera dengan air mengalir selama minimal 20 menit dalam waktu 3 jam setelah luka mengurangi keparahan; debridemen selektif; balutan modern; dan intervensi topikal berbasis bukti.
5	(Griffin, B., et al., 2021)	<i>Early non-excisional debridement of paediatric burns</i>	Menilai efek debridemen mekanik non-excisional dalam 24 jam terhadap re-epitelialisasi dan kebutuhan cangkok pada anak	Studi kohort anak; debridemen non-excisional dalam 24 jam vs debridemen dengan analgesia sedasi di ED; pasien $\geq 5\%$ TBSA luka bakar sedang-besar	Mayat re-epitelialisasi lebih cepat (~7 hari lebih cepat) bila debridemen dalam 24 jam di ruang operasi; kebutuhan cangkok lebih kecil; perawatan luka lebih optimal.
6	(Pignet, A.-L., Kamolz, L.-P., dkk., 2024)	<i>The use of acellular fish skin grafts in burns and complex trauma wounds: a systematic review of clinical data</i>	Menilai bukti klinis penggunaan acellular fish skin graft (FSG) untuk luka bakar dan luka traumatik kompleks	Systematic review; studi klinis terkait FSG disurvei, data ekstraksi & sintesis naratif; artikel open-access.	Bukti awal menunjukkan FSG mempercepat epithelialisasi pada luka dermal-parsial, mengurangi kebutuhan dressing change dan kemungkinan memperbaiki kualitas penyembuhan; direkomendasikan sebagai alternatif balutan/penutup pada beberapa indikasi.
7	(Amal et al., 2024)	<i>Silver nanoparticle combined with antibiotics — antimicrobial potential relevant to wound/burn infection</i>	Mengevaluasi potensi kombinasi silver nanoparticles (AgNPs) dengan antibiotik melawan MDR organism yang relevan pada infeksi luka	Eksperimental in vitro dan review mekanisme antimikroba; artikel open access di PMC	Kombinasi AgNPs + antibiotik menunjukkan efek sinergis terhadap beberapa bakteri MDR yang sering menginfeksi luka; potensial sebagai agen topikal adjuvan untuk mencegah/menangani infeksi pada luka bakar (namun

					memerlukan studi klinis lebih lanjut).
8	(Taghdi et al., 2024)	<i>Exploring synergistic effects of bioprinted extracellular vesicles and biomaterials for wound regeneration</i>	Menjelajahi peran extracellular vesicles (EV) yang dicampur/diinkorporasikan dalam biomaterial/bioprint untuk regenerasi jaringan luka (termasuk luka bakar)	Review & studi laboratorium; ringkasan eksperimen bioprinting + EV pada model luka	EV yang diinkorporasi pada scaffold/bioprinted material meningkatkan proliferasi sel, angiogenesis, dan laju penyembuhan pada model pra-klinis — menunjukkan jalur baru terapi regeneratif untuk luka bakar.
9	(Yarali, M., dkk., 2023)	<i>A systematic review of health care workers' knowledge and implementation of telemedicine for burns management</i>	Menilai pengetahuan, hambatan dan peluang penerapan telemedicine/telehealth dalam manajemen luka bakar	Systematic review (studi kuantitatif & kualitatif) pada pengalaman tenaga kesehatan dengan telemedicine untuk luka	Telemedicine terbukti membantu triase awal, follow-up luka bakar superfisial, edukasi pasien, dan pengurangan kunjungan langsung; hambatan: infrastruktur, pelatihan, regulasi dan akses pasien. Direkomendasikan integrasi hybrid (tele + tatap muka).
10	(Nerampambi I, A. J., dkk., 2025)	<i>Review of the 100 Most Cited Articles in Burns from 2014 to 2024</i>	Mengidentifikasi artikel paling berpengaruh di bidang luka bakar selama 10 tahun terakhir untuk memetakan perkembangan manajemen	Bibliometric / review deskriptif; analisis 100 artikel paling banyak dikutip (Web of Science)	Menyajikan tema-tema kunci: resusitasi, cangkok kulit & substitute kulit, terapi sel & regeneratif, manajemen bekas luka, pencegahan infeksi, dan rehabilitasi — menunjang gambaran umum perkembangan tatalaksana luka bakar.

Pembahasan

Bedasarkan hasil table penelitian terdahulu di atas dapat dibahas bahwa penelitian Yassaghi et al. (2024) membahas mengenai perkembangan terapi berbasis sel untuk luka bakar yang dinilai melalui systematic review dari 30 uji klinis melibatkan 970 pasien. Hasilnya menunjukkan bahwa terapi menggunakan keratinosit, fibroblas, maupun mesenchymal stem cells (MSC) memberikan penyembuhan luka yang lebih cepat dan regenerasi jaringan lebih

baik. Selain itu, terapi ini juga terbukti mengurangi pembentukan jaringan parut yang biasanya menjadi komplikasi jangka panjang pada pasien luka bakar. Meskipun hasilnya menjanjikan, pemilihan jenis sel dan metode delivery masih harus disesuaikan dengan kondisi klinis tiap pasien. Hal ini penting mengingat tidak semua jenis luka memiliki respons biologis yang sama. Beberapa penelitian juga mengindikasikan bahwa kombinasi beberapa jenis sel dapat memberikan hasil lebih baik dibanding penggunaan tunggal. Kendati demikian, tantangan biaya, ketersediaan fasilitas kultur sel, dan regulasi medis masih menjadi kendala. Oleh karena itu, meski potensial, penerapan klinis terapi berbasis sel masih membutuhkan penelitian lanjutan. Studi ini menegaskan bahwa pendekatan regeneratif merupakan masa depan pengelolaan luka bakar.

Studi Irilouzadian et al. (2023) meneliti penggunaan xenograft, baik dari mamalia maupun ikan, sebagai alternatif terapi luka bakar dibandingkan pengobatan konvensional. Dari systematic review dan meta-analisis 14 studi, ditemukan bahwa xenografts secara signifikan mengurangi jumlah penggantian balutan. Menariknya, fish xenografts terbukti mempercepat proses re-epitelialisasi dibandingkan kelompok kontrol. Namun, untuk lama rawat inap, tidak ditemukan perbedaan signifikan antara kelompok xenograft mamalia dan kontrol. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan xenograft, khususnya berbasis ikan, memiliki potensi besar untuk diterapkan lebih luas. Selain itu, ketersediaan bahan baku ikan membuat metode ini lebih murah dan mudah diakses dibandingkan xenograft mamalia. Dari perspektif klinis, pengurangan jumlah pergantian balutan memberikan keuntungan karena menurunkan risiko infeksi dan mengurangi rasa sakit pasien. Namun, penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk menilai aspek keamanan jangka panjang. Studi ini membuka jalan bagi penggunaan biomaterial alami sebagai solusi modern dalam perawatan luka bakar.

Merchant et al. (2025) memberikan gambaran komprehensif mengenai tatalaksana luka bakar berat dari fase resusitasi hingga rehabilitasi. Artikel ini menekankan pentingnya resusitasi cairan yang adekuat sejak fase awal untuk mencegah komplikasi hipovolemia. Selain itu, debridemen dini danutupan luka dianggap sebagai faktor kunci dalam mempercepat pemulihan jaringan. Manajemen nutrisi yang baik juga sangat berperan, mengingat pasien luka bakar sering mengalami hipermetabolisme yang dapat memperlambat penyembuhan. Aspek pengendalian infeksi tetap menjadi prioritas utama, karena sepsis merupakan penyebab utama mortalitas. Studi ini juga menekankan perlunya dukungan rehabilitasi fisik dan psikologis jangka panjang. Pendekatan multidisipliner terbukti meningkatkan kualitas hidup pasien setelah cedera. Penggabungan tenaga medis dari berbagai bidang memberikan hasil lebih optimal dibandingkan penanganan tunggal.

Hal ini membuktikan bahwa keberhasilan manajemen luka bakar tidak hanya terletak pada fase akut, melainkan juga pada proses pemulihan menyeluruh.

Ji et al. (2024) melakukan kajian konsensus untuk memberikan standar penanganan luka bakar derajat II. Berdasarkan analisis literatur terkini, pendinginan dengan air mengalir minimal 20 menit dalam 3 jam pertama terbukti menurunkan tingkat keparahan luka. Pendekatan ini sederhana tetapi efektif, sehingga sangat direkomendasikan dalam penanganan awal. Selain itu, debridemen selektif dianggap lebih baik dibandingkan eksisi menyeluruh karena mengurangi kerusakan jaringan sehat. Penggunaan balutan modern juga disorot sebagai langkah penting dalam mempercepat re-epitelialisasi. Intervensi topikal seperti penggunaan agen antimikroba berbasis bukti turut memperbaiki kualitas penyembuhan. Konsensus ini memberikan dasar yang kuat untuk praktik klinis di berbagai pusat layanan kesehatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa intervensi sederhana di awal dapat mengurangi komplikasi jangka panjang. Oleh karena itu, edukasi kepada masyarakat terkait pertolongan pertama menjadi hal yang penting. Dengan demikian, standar penanganan luka bakar derajat II kini lebih jelas dan dapat diadopsi secara luas.

Penelitian Griffin et al. (2021) mengkaji efek debridemen mekanik non-excisional dalam 24 jam pertama pada anak-anak dengan luka bakar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tindakan debridemen awal dapat mempercepat re-epitelialisasi sekitar 7 hari lebih cepat dibandingkan prosedur konvensional. Selain itu, kebutuhan untuk melakukan cangkok kulit menjadi lebih rendah pada kelompok intervensi. Dari segi klinis, hal ini sangat penting karena prosedur cangkok kulit sering menimbulkan rasa sakit tambahan dan risiko komplikasi. Studi ini juga menunjukkan bahwa debridemen dini meningkatkan kualitas perawatan luka dan mempercepat pemulihan fungsi kulit. Bagi anak-anak, percepatan pemulihan sangat berarti karena dapat mengurangi dampak psikologis dan risiko jaringan parut jangka panjang. Meskipun demikian, prosedur ini membutuhkan tenaga medis yang berpengalaman untuk menghindari kerusakan jaringan sehat. Temuan ini menekankan pentingnya intervensi cepat pada luka bakar anak. Penelitian ini memberikan dasar kuat untuk mengadopsi pendekatan debridemen dini dalam standar perawatan pediatrik.

Pignet dan Kamolz (2024) meninjau penggunaan acellular fish skin graft (FSG) dalam penanganan luka bakar dan trauma kompleks. Dari systematic review, mereka menemukan bahwa FSG mempercepat proses epitelisasi pada luka parsial-dermal. Selain itu, metode ini mengurangi frekuensi penggantian balutan yang biasanya menimbulkan rasa sakit pada pasien. Studi juga menunjukkan adanya potensi perbaikan kualitas penyembuhan luka, baik dari sisi estetika maupun fungsional. Keunggulan lain dari FSG adalah ketersediaannya yang melimpah

dan harga yang relatif lebih terjangkau dibandingkan graft mamalia. Penelitian ini membuka peluang untuk menjadikan FSG sebagai alternatif praktis dalam klinik. Namun, meskipun bukti awal mendukung efektivitasnya, penelitian lebih lanjut masih dibutuhkan untuk mengevaluasi aspek imunologis dan keamanan jangka panjang. Secara umum, FSG menjanjikan sebagai biomaterial yang inovatif untuk tatalaksana luka bakar. Penelitian ini menegaskan pentingnya pengembangan bahan biologis baru yang lebih ramah pasien.

Amal et al. (2024) mengkaji kombinasi silver nanoparticles (AgNPs) dengan antibiotik dalam mengatasi infeksi luka bakar. Penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa kombinasi ini memberikan efek sinergis terhadap bakteri multi-drug resistant (MDR). Temuan ini sangat relevan karena infeksi MDR merupakan salah satu tantangan terbesar dalam perawatan luka bakar modern. Dengan adanya agen topikal berbasis AgNPs, risiko infeksi dapat ditekan secara signifikan. Selain itu, penggunaan kombinasi ini juga memungkinkan penurunan dosis antibiotik sehingga dapat mengurangi efek samping. Namun, hingga saat ini penelitian masih terbatas pada tingkat laboratorium dan membutuhkan uji klinis lebih lanjut. Penggunaan nanopartikel sendiri juga masih menimbulkan pertanyaan mengenai toksisitas jangka panjang. Meski demikian, potensi besar kombinasi ini tidak bisa diabaikan sebagai strategi baru untuk melawan infeksi. Hasil studi ini menegaskan peran penting teknologi nanomedisin dalam pengembangan terapi luka bakar masa depan.

Taghdi et al. (2024) mengeksplorasi efek sinergis dari extracellular vesicles (EV) yang diinkorporasikan dalam biomaterial untuk regenerasi luka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa EV yang ditanamkan dalam scaffold mampu meningkatkan proliferasi sel dan angiogenesis. Pendekatan bioprinting dengan EV juga mempercepat laju penyembuhan luka pada model pra-klinis. Hal ini membuka peluang besar bagi pengembangan terapi regeneratif berbasis bioprinting untuk luka bakar. Dengan dukungan teknologi ini, proses penyembuhan luka dapat diarahkan ke arah regenerasi jaringan yang lebih mendekati kondisi normal. Meskipun hasilnya sangat menjanjikan, penelitian masih terbatas pada tingkat laboratorium. Uji klinis dalam skala besar diperlukan untuk membuktikan efektivitas dan keamanan metode ini pada manusia. Konsep ini juga menandai pergeseran paradigma dari sekadar penutupan luka menuju rekayasa regeneratif. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi besar pada arah baru terapi luka bakar.

Yarali et al. (2023) meneliti implementasi telemedicine dalam manajemen luka bakar melalui systematic review. Hasil studi menunjukkan bahwa telemedicine mampu memfasilitasi triase awal secara efektif, terutama di daerah terpencil. Selain itu, teknologi ini memudahkan tindak lanjut pasien dengan luka bakar superfisial tanpa perlu kunjungan langsung ke rumah

sakit. Edukasi pasien juga dapat dilakukan secara daring sehingga meningkatkan kepatuhan terhadap perawatan. Kendati demikian, terdapat hambatan berupa keterbatasan infrastruktur, pelatihan tenaga medis, serta regulasi. Akses pasien terhadap teknologi juga masih menjadi tantangan, terutama di negara berkembang. Studi ini merekomendasikan integrasi telemedicine dalam bentuk hybrid dengan pelayanan tatap muka. Hal ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi sekaligus tetap menjaga kualitas perawatan. Penelitian ini membuktikan bahwa digitalisasi memiliki peran strategis dalam pengelolaan luka bakar modern.

Neriamparambil et al. (2025) melakukan analisis bibliometrik terhadap 100 artikel paling banyak dikutip dalam bidang luka bakar selama 10 tahun terakhir. Studi ini menemukan tema-tema utama penelitian, yaitu resusitasi cairan, cangkok kulit, terapi regeneratif, manajemen bekas luka, pengendalian infeksi, dan rehabilitasi. Hasil ini menunjukkan bahwa perkembangan ilmu luka bakar terus bergerak dari fokus pada penyelamatan nyawa menuju peningkatan kualitas hidup pasien. Analisis ini juga memberikan gambaran tentang bagaimana tren penelitian bergeser sesuai kebutuhan klinis global. Dengan mengidentifikasi artikel berpengaruh, penelitian ini membantu praktisi memahami arah perkembangan manajemen luka bakar. Selain itu, hasil ini dapat menjadi referensi bagi peneliti baru dalam menentukan topik prioritas. Metode bibliometrik terbukti efektif untuk memetakan kontribusi ilmiah dalam bidang tertentu. Oleh karena itu, studi ini memberikan panduan berharga untuk pengembangan riset di masa depan. Dengan demikian, hasil penelitian ini bukan hanya evaluasi retrospektif, melainkan juga peta jalan untuk penelitian berikutnya.

Jika dibandingkan, seluruh penelitian terdahulu menunjukkan kecenderungan besar ke arah terapi inovatif dan multidisipliner. Terapi berbasis sel, bioprinting, hingga penggunaan bahan alami seperti fish xenograft menjadi solusi baru dalam manajemen luka bakar. Sementara itu, aspek klasik seperti debridemen dini dan resusitasi tetap menjadi fondasi utama. Telemedicine hadir sebagai bentuk adaptasi digitalisasi dalam pelayanan kesehatan. Nanoteknologi juga menambah dimensi baru dengan potensi antimikroba yang kuat. Secara keseluruhan, perkembangan ini mencerminkan sinergi antara ilmu dasar, teknologi, dan praktik klinis. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan luka bakar kini tidak lagi hanya fokus pada penyelamatan, tetapi juga kualitas penyembuhan dan rehabilitasi. Keterpaduan penelitian klasik dan inovatif membentuk arah baru dalam perawatan luka bakar. Dengan demikian, masa depan terapi luka bakar sangat menjanjikan dengan beragam pendekatan inovatif.

Dari seluruh reserach, terlihat bahwa tantangan utama yang masih harus diatasi adalah translasi hasil penelitian ke praktik klinis. Banyak temuan menjanjikan yang masih berada pada tahap pra-klinis atau uji coba terbatas. Hambatan seperti biaya tinggi, regulasi, hingga

keterbatasan fasilitas masih menghalangi implementasi luas. Selain itu, kesenjangan antara negara maju dan berkembang juga menjadi isu penting dalam akses terapi modern. Meskipun begitu, arah penelitian yang semakin inovatif menunjukkan optimisme tinggi terhadap perbaikan manajemen luka bakar di masa depan. Integrasi multidisipliner dan kolaborasi internasional sangat dibutuhkan untuk mempercepat adopsi hasil penelitian. Teknologi digital, nanomedisin, dan bioprinting diperkirakan akan menjadi tonggak baru dalam terapi. Studi literatur juga menunjukkan bahwa pencegahan komplikasi menjadi fokus utama dalam penelitian modern. Pada akhirnya, seluruh temuan ini memberikan kontribusi signifikan bagi pengembangan ilmu dan praktik klinis.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa update tatalaksana manajemen luka bakar saat ini telah berkembang pesat dengan mengintegrasikan berbagai pendekatan modern berbasis bukti yang mencakup resusitasi awal, perawatan luka lokal, kontrol infeksi, manajemen nyeri, dukungan nutrisi, hingga rehabilitasi jangka panjang. Kemajuan terapi berbasis sel, penggunaan biomaterial seperti fish skin graft, serta teknologi nanomedisin dengan silver nanoparticles memberikan prospek besar dalam mempercepat penyembuhan luka dan mengurangi komplikasi. Di sisi lain, debridemen dini, pemilihan balutan cerdas, serta optimalisasi status nutrisi tetap menjadi fondasi utama yang tidak dapat diabaikan dalam perawatan klinis. Aspek psikososial dan rehabilitasi fisik juga semakin ditekankan karena berpengaruh langsung terhadap kualitas hidup pasien pasca cedera. Tantangan terbesar yang masih dihadapi adalah translasi temuan penelitian inovatif ke dalam praktik klinis sehari-hari akibat keterbatasan biaya, fasilitas, dan regulasi. Meskipun demikian, arah perkembangan tatalaksana luka bakar menunjukkan optimisme dengan semakin banyaknya penelitian multidisipliner yang aplikatif. Integrasi teknologi digital, seperti telemedicine, turut memperluas akses layanan kesehatan, khususnya di daerah dengan keterbatasan fasilitas. Dengan demikian, pengelolaan luka bakar modern tidak hanya berfokus pada penyelamatan nyawa, tetapi juga pada kualitas penyembuhan jaringan dan pemulihan holistik pasien. Hal ini menegaskan bahwa update tatalaksana luka bakar merupakan kebutuhan mendesak untuk memastikan layanan kesehatan yang efektif, efisien, dan berkeadilan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Universitas Muslim Indonesia yang telah menyediakan sarana dan fasilitas akademik. Terima kasih juga kepada dosen pembimbing dan rekan sejawat yang telah memberikan masukan berharga dalam penyusunan naskah. Terima kasih ditujukan kepada peneliti terdahulu yang hasil karyanya menjadi rujukan penting dalam penulisan artikel ini. Tidak lupa, penulis juga menghargai dukungan keluarga dan sahabat yang senantiasa memberikan motivasi selama proses penelitian dan penulisan berlangsung. Semoga artikel ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu kedokteran, khususnya dalam bidang manajemen luka bakar.

DAFTAR REFERENSI

- Amal, et al. (2024). Silver nanoparticle with potential antimicrobial and synergistic effects with antibiotics. *Journal*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11282727/>
- B Braun, et al. (2024). *Effective skin and wound management in non-complex burns: International best practice guidelines: Effective skin and wound management of non-complex burns*. Wounds International. <https://woundsinternational.com/wp-content/uploads/2023/02/5ebace6c70d4ea53a5d3e28ca65f1b74.pdf>
- Bunman, et al. (2023). Burn wound healing: Pathophysiology and current management of burn injury. *Bangkok Medical Journal*, 13(2), 91–106. <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/bkkmedj/article/view/222084/152994>
- Griffin, B., et al. (2021). Early non-excisional debridement of paediatric burns. *Scientific Reports*, 11, 7424. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03141-x>
- Irilouzadian, R., Khalaji, A., Baghsheikhi, H., Sarmadian, R., Hoveidamanesh, S., Ghadimi, T., & Farokh Forghani, S. (2023). The clinical outcomes of xenografts in the treatment of burn patients: A systematic review and meta-analysis. *European Journal of Medical Research*, 28(1), 524. <https://doi.org/10.1186/s40001-023-01505-9>
- Ji, S., et al. (2024). Consensus on the treatment of second-degree burn partial thickness. *Burns & Trauma*. <https://doi.org/10.1093/burnst/tkad061>
- Joint Trauma System. (2025, June 10). *Burn care clinical practice guideline*. U.S. Department of Defense. https://jts.health.mil/assets/docs/cpgs/Burn_Care_CPG_10_June_2025_ID12.pdf
- Legemate, et al. (2024). A systematic review on surgical and nonsurgical debridement techniques of burn wounds. *Burns*, 45(6), 1207–1223. <https://doi.org/10.1016/j.burns.2019.01.026>
- Lu, M., Wang, X., Zhao, J., et al. (2022). Research advances in prevention and treatment of burn wound deepening in early stage. *Frontiers in Surgery*, 9, 1015411. <https://doi.org/10.3389/fsurg.2022.1015411>

- Marinescu, E. A., et al. (2025). Burn debridement – Approach and review. *Journal of Burn Care & Research*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC12265004/>
- Merchant, M., Hu, S. B., Miller, C., Ahmadi, T., Garcia, E., & Smith, M. I. (2025). Comprehensive management of severe burn injuries: A multidisciplinary approach from resuscitation to rehabilitation. *Emergency Care & Medicine*, 2(2), 26. <https://doi.org/10.3390/ecm2020026>
- Neriamparambil, A. J., et al. (2025). Review of the 100 most cited articles in burns from 2014 to 2024. *PLoS / Burns Journal*. <https://doi.org/10.20944/preprints202505.0786.v1>
- Pignet, A.-L., Kamolz, L.-P., et al. (2024). The use of acellular fish skin grafts in burns and complex trauma wounds: A systematic review of clinical data. *Plastic and Aesthetic Research*. <https://doi.org/10.20517/2347-9264.2024.54>
- Radzikowska, et al. (2023). An overview of recent developments in the management of burn injuries. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(22), 16357. <https://doi.org/10.3390/ijms242216357>
- Rowan, et al. (2022). Burn wound healing and treatment: Review and advancements. *Critical Care*, 19, 243. <https://doi.org/10.1186/s13054-015-0961-2>
- Siu, W. S., et al. (2025). Review on current advancements in facilitation of burn wound healing. *Bioengineering*, 12(4), 428. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12040428>
- Taghdi, et al. (2024). Exploring synergistic effects of bioprinted extracellular vesicles for wound regeneration. *Biomedicines*, 12(7), 1605. <https://doi.org/10.3390/biomedicines12071605>
- Yarali, M., et al. (2023). A systematic review of health care workers' knowledge and implementation of telemedicine for burns management. *Journal of Burn Care & Research*. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10502269/>
- Yassaghi, Y., et al. (2024). Advancements in cell-based therapies for thermal burn wounds. *Stem Cell Research & Therapy*. <https://doi.org/10.1186/s13287-024-03901-2>
- Yoshino, et al. (2023). The wound/burn guidelines – 6: Guidelines for the management of burns. *Journal of Burn Care & Research*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26971391/>