

PENGARUH TERAPI LUKA TEKANAN NEGATIF (NPWT) TERHADAP PENYEMBUHAN ULKUS DIABETES PADA PASIEN DIABETES MELLITUS TIPE 2: LITERATURE REVIEW

**Emely Hazarizqya¹, Oktania Ekaputri Setiadji², Melsa Amelia³
Nafisatul Aini⁴, Adinda Ajeng Saffa Karisma⁵, Azzakiyah Permata Mahardhika Syarif⁶, Naia
Rismawati⁷, Nadia Zahra Pribadi⁸, Satriya Pranata⁹**

¹S1 Ilmu Keperawatan, Fakultas Keperawatan dan Ilmu Keperawatan, Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang, Indonesia

E-mail: ehazarieze@gmail.com, ekaputrioktania06@gmail.com, melsaamelia62@gmail.com,
nafisatulaini39@gmail.com, ajengadinda40@gmail.com, azzakiyahpermata@gmail.com,
naiarswmt@gmail.com, nadiapribadi068@gmail.com, Satriya.pranata@unimus.ac.id

Abstract

Background: Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) is an adjunctive therapy that uses negative pressure to aid in the healing process of diabetic foot ulcers (DFUs). Objective: This literature review aims to analyze the effectiveness of NPWT in aiding the healing process of DFUs in patients with type 2 diabetes mellitus.

Methods: This literature review was conducted by analyzing eight relevant primary research articles on the use of NPWT for DFUs. Articles were obtained from the PubMed and Google Scholar database and selected based on predetermined inclusion and exclusion criteria.

Results: The review findings indicate that the use of NPWT can help accelerate the DFU healing process, as evidenced by granulation tissue formation, reduction in wound size, exudate control, and a shorter treatment duration compared to several conventional treatment methods. Several studies also demonstrated improved vascularization and changes in biomarkers associated with the wound healing process.

Conclusion: NPWT demonstrates benefits in aiding the healing process of diabetic foot ulcers and can be used as an adjunctive therapy in wound care. Its application must be tailored to the patient's clinical condition and carried out with appropriate monitoring.

Keywords: Diabetic Foot Ulcer, Negative Pressure Wound Therapy, Wound Healing, Nursing Care.

Abstrak

Latar Belakang: Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) merupakan salah satu terapi pendamping yang menggunakan tekanan negatif untuk membantu proses penyembuhan ulkus kaki diabetik (UKD). Tujuan: Literature review ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan NPWT dalam membantu proses penyembuhan UKD pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Article history

Received: September 2026

Reviewed: September 2026

Published: September 2026

Plagirism checker no 234.8576

Copyright : Author

Publish by : Nutricia



This work is licensed under a [creative commons attribution-noncommercial 4.0 international license](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Metode: Tinjauan pustaka ini dilakukan dengan menganalisis delapan artikel penelitian primer yang relevan mengenai penggunaan NPWT pada UKD. Artikel diperoleh melalui database PubMed dan Google Scholar dan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Hasil: Hasil telaah menunjukkan bahwa penggunaan NPWT dapat membantu mempercepat proses penyembuhan UKD, yang ditunjukkan melalui pembentukan jaringan granulasi, pengurangan ukuran luka, pengendalian eksudat, serta waktu perawatan yang lebih singkat dibandingkan dengan beberapa metode perawatan konvensional. Beberapa penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan vaskularisasi dan perubahan biomarker yang berkaitan dengan proses penyembuhan luka.

Kesimpulan: NPWT menunjukkan manfaat dalam membantu proses penyembuhan UKD dan dapat digunakan sebagai salah satu terapi pendamping dalam perawatan luka. Penerapannya perlu disesuaikan dengan kondisi klinik pasien serta dilakukan dengan pemantauan yang tepat.

Kata Kunci: *Diabetic Foot Ulcer, Negative Pressure Wound Therapy, Penyembuhan Luka, Asuhan Keperawatan.*

1. PENDAHULUAN

Pendahuluan: Diabetes melitus (DM) merupakan penyakit metabolik kronis yang ditandai dengan peningkatan kadar glukosa darah akibat gangguan sekresi insulin, kerja insulin, keduanya. Diabetes melitus menjadi salah satu masalah kesehatan global yang terus mengalami peningkatan dan dapat menyebabkan berbagai komplikasi, termasuk komplikasi pada ekstremitas bawah. Berdasarkan *International Diabetes Federation (IDF) Diabetes Atlas* edisi ke- 11, pada tahun 2024 diperkirakan terdapat 589 juta orang dewasa berusia 20 - 79 tahun yang lalu hidup dengan diabetes di seluruh dunia. Jumlah orang dewasa dengan diabetes tersebut diproyeksikan meningkat menjadi sekitar 853 juta orang pada tahun 2050. Di Indonesia, jumlah orang dewasa 20 -79 tahun dengan diabetes pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 20,4 juta orang dan diproyeksikan meningkat menjadi sekitar 28,6 juta orang pada tahun 2050 (Ezzatvar & García-hermoso, 2023).

Salah satu komplikasi diabetes yang menjadi perhatian adalah *diabetic foot ulcer* (DFU) atau ulkus kaki diabetik. DFU merupakan luka pada kaki individu dengan diabetes yang berkaitan dengan berbagai faktor, terutama neuropati perifer, penyakit arteri perifer, deformitas kaki, dan gangguan proses penyembuhan luka. Kondisi tersebut dapat menyebabkan luka sulit sembuh dan meningkatkan risiko infeksi serta amputasi. Pedoman *International Working Group on the Diabetic Foot* (IWGDF) menekankan pentingnya identifikasi faktor risiko, pemeriksaan kaki secara berkala, serta penerapan perawatan kaki yang terintegrasi untuk mencegah terjadinya ulkus dan komplikasi yang lebih berat (Sacco et al., 2024).

Komplikasi DFU yang tidak tertangani dengan baik dapat berkembang menjadi kondisi yang membutuhkan amputasi. Secara global, Ezzatvar dan García-Hermoso (2023) melalui systematic review dan meta-analysis terhadap 23 penelitian dengan total 505.390 kasus amputasi terkait diabetes melaporkan estimasi insidensi tahunan amputasi minor sebesar 139,97 per 100.000 orang dengan diabetes dan amputasi mayor sebesar 94,82 per 100.000 orang dengan diabetes.

Data tersebut menunjukkan bahwa komplikasi kaki pada pasien diabetes dapat memberikan konsekuensi klinis yang serius apabila tidak ditangani secara tepat.

Di Indonesia, Gambaran beratnya kondisi DFU juga terlihat pada penelitian (Yunir et al., 2022) yang menggunakan data *foot registry* di salah satu rumah sakit rujukan nasional. Penelitian tersebut melibatkan 84 pasien pada periode sebelum pandemi COVID-19 dan 71 pasien selama pandemi. Proporsi amputasi mayor meningkat dari 20,2% sebelum pandemi menjadi 39,4% selama pandemi. Selain itu, kejadian osteomyelitis meningkat dari 72,6% menjadi 87,3% sedangkan derajat infeksi tinggi meningkat dari 66,7% menjadi 83,1%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keterlambatan penanganan dan kondisi klinis yang lebih berat dapat meningkatkan risiko komplikasi pada pasien dengan DFU (Yunir et al., 2022). Namun, angka tersebut merupakan hasil penelitian pada populasi rumah sakit rujukan nasional dan tidak dapat dianggap sebagai prevalensi amputasi seluruh Indonesia.

Terjadinya DFU dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berhubungan. Faktor tersebut meliputi usia yang lebih tua, obesitas, jenis kelamin laki-laki, kebiasaan merokok, konsumsi alkohol, kurangnya aktivitas fisik, durasi diabetes yang lama, kadar HbA1c dan glukosa darah yang tinggi, gangguan fungsi ginjal, penyakit arteri perifer, neuropati, retinopati, nefropati, deformitas kaki, serta kulit kering. Faktor lain seperti gangguan sensasi protektif dan rendahnya nilai *ankle-brachial index* juga berhubungan dengan peningkatan risiko DFU (Tao Yan, Zhang Dou, MacGilchrist Claire, Kirwan Ellen, 2025). Oleh karena itu, pengelolaan DFU membutuhkan pendekatan yang komprehensif, termasuk pengendalian kondisi diabetes, penanganan infeksi, debridement, pengurangan tekanan pada kaki, serta perawatan luka yang sesuai (Sacco et al., 2024).

Perawatan luka pada pasien diabetes menjadi bagian penting dalam proses penyembuhan DFU. Salah satu metode yang dapat digunakan Adalah *Negative Pressure Wound Therapy* (NPWT), yaitu terapi luka dengan memberikan tekanan negatif terkontrol pada permukaan luka menggunakan system balutan dan alat khusus. Terapi ini digunakan untuk membantu pengelolaan eksudat, mendukung pembentukan jaringan granulasi, dan mempersiapkan dasar luka menuju proses penutupan atau tindakan lanjutan. Penggunaan NPWT telah diteliti pada berbagai kondisi DFU dengan hasil yang menunjukkan adanya potensi manfaat terhadap proses penyembuhan luka.

Penelitian Maranna et al. (2021) melalui randomized controlled study pada 45 pasien dengan DFU grade 1 dan 2 membandingkan NPWT dengan balutan saline konvensional. Pada hari ke-14, kelompok NPWT menunjukkan pembentukan jaringan granulasi yang lebih tinggi dibandingkan kelompok control, yaitu 91,14% dibandingkan 52,61%, serta penurunan ukuran ulkus sebesar 40,78% dibandingkan 21,18%. Lama rawat juga lebih pendek pada kelompok NPWT, yaitu 15,68 hari dibandingkan 29 hari. Penyembuhan luka lengkap dalam tiga bulan tercapai pada 90,9% pasien kelompok NPWT dibandingkan 26,1% pada kelompok control (Maranna et al., 2021).

Hasil yang mendukung manfaat NPWT juga dilaporkan oleh Wu et al. (2023) melalui randomized controlled trial terhadap 100 pasien dengan DFU kronis. Sebanyak 50 pasien mendapatkan NPWT dan 50 pasien mendapatkan balutan alginate. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok NPWT membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk mencapai kondisi luka yang siap menjalani *split-thickness skin graft*. Kelompok NPWT juga menunjukkan peningkatan keberhasilan *skin graft*, peningkatan perfusi darah pada luka, penurunan pembentukan *neutrophil extracellular traps* (NETs), serta perubahan polarisasi makrofag dari fenotipe M1 menuju M2 (Dörthe Seidel, 2022).

Selain terhadap proses penyembuhan, penggunaan NPWT juga berkaitan dengan pemanfaatan

sumber daya dalam perawatan luka. Studi DiaFu yang dilaporkan oleh Seidel et al. (2022) merupakan uji klinis multisenter yang melibatkan 368 orang dewasa dengan DFU dan membandingkan NPWT dengan *standard moist wound care*. Analisis pemanfaatan sumber daya menunjukkan bahwa durasi perawatan pada kelompok NPWT lebih pendek, yaitu rata-rata 82,8 hari dibandingkan 98,8 hari pada kelompok *standard moist wound care*. Hasil tersebut menunjukkan adanya potensi penggunaan NPWT dalam mengurangi durasi perawatan, meskipun penelitian tersebut secara khusus berfokus pada pemanfaatan sumber daya dan tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar untuk menyimpulkan keunggulan NPWT terhadap seluruh aspek penyembuhan luka (Dörthe Seidel, 2022).

Mekanisme biologis yang mendasari penggunaan NPWT pada DFU juga terus diteliti. Sun et al. (2025) meneliti peran *nuclear factor erythroid 2-related factor 2* (Nrf2) pada pasien dengan DFU yang mendapatkan NPWT. Penelitian tersebut menunjukkan adanya perubahan yang berkaitan dengan proses angiogenesis dan aktivasi jalur Nrf2/Keap1 yang berhubungan dengan respons terhadap stress oksidatif. Temuan tersebut memberikan gambaran bahwa manfaat NPWT tidak hanya berkaitan dengan pengelolaan kondisi luka secara makroskopis, tetapi kemungkinan juga melibatkan mekanisme biologis yang mendukung proses perbaikan jaringan (Hao-Jie Sun, Shan-Wen Si, Ya-Mei Ma, Xue-Kui Liu, Hou-Fa Geng, 2025).

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi manfaat NPWT pada DFU, hasil penelitian masih memiliki variasi dalam karakteristik pasien, derajat luka, jenis pembanding, lama intervensi, serta indikator penyembuhan yang digunakan. Penelitian Maranna et al. (2021), misalnya, berfokus pada DFU grade 1 dan 2, sedangkan penelitian (Yin Wu, Gan Shen, 2023) berfokus pada persiapan dasar luka sebelum *skin graft*. Perbedaan karakteristik tersebut menunjukkan perlunya sintesis terhadap hasil penelitian primer yang secara khusus mengevaluasi penggunaan NPWT pada ulkus kaki diabetik untuk memperoleh gambaran yang lebih terarah mengenai efektivitas terapi tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan kajian literatur yang mengidentifikasi dan menganalisis hasil penelitian mengenai pengaruh NPWT terhadap proses penyembuhan ulkus diabetik pada pasien diabetes melitus tipe 2. *Literature review* ini bertujuan untuk menganalisis bukti penelitian primer mengenai penggunaan NPWT pada ulkus kaki diabetik, khususnya terkait perubahan ukuran luka, pembentukan jaringan granulasi, penutupan luka, waktu penyembuhan, dan luaran klinis lainnya. Kajian difokuskan pada penelitian pada manusia dengan ulkus kaki diabetik diabetes melitus tipe 2, terutama luka dengan derajat Wagner 2-4, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai efektivitas NPWT sebagai salah satu metode perawatan luka pada pasien dengan ulkus diabetik.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Metode yang digunakan

Literature review adalah proses mengumpulkan, menelaah, menganalisis, dan mensintesis berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada suatu topik tertentu untuk memperoleh gambaran pengetahuan yang sudah ada, menemukan kesenjangan penelitian, serta menjadi dasar untuk penelitian selanjutnya (Chigbu, Atiku, & Plessis, 2023).

Penelitian ini dilakukan dengan metode literature review. Metode tersebut digunakan untuk mengumpulkan dan mengkaji hasil penelitian yang berkaitan dengan penggunaan *Negative Pressure Wound Therapy* (NPWT) dalam membantu proses penyembuhan ulkus diabetik pada pasien diabetes melitus tipe 2. Pemilihan artikel dilakukan secara bertahap dengan mengikuti

alur Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA).

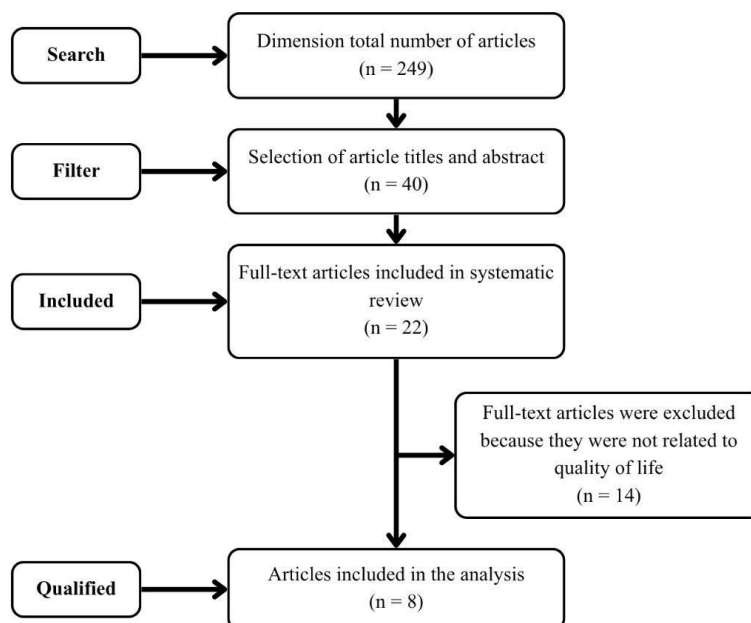
2.2 Strategi Pencarian Literatur

Penelusuran artikel dilakukan melalui **PubMed dan Google Scholar**. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian melalui *Negative Pressure Wound Therapy*, *NPWT*, *diabetic ulcer*, *type 2 diabetes mellitus*, dan *wound healing*. Artikel yang dipertimbangkan adalah artikel yang diterbitkan pada tahun **2021-2026** dan ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Pencarian awal menghasilkan 249 artikel dari Google Scholar. Artikel kemudian diseleksi berdasarkan judul dan abstrak, sehingga tersisa 40 artikel yang dianggap sesuai untuk diperiksa lebih lanjut. Dari jumlah tersebut, 22 artikel dilanjutkan ke tahap pemeriksaan *full-text*. Setelah dilakukan penelitian berdasarkan kriteria penelitian, 14 artikel tidak digunakan karena tidak memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hasil akhir seleksi menghasilkan **8 artikel** yang digunakan sebagai sumber dalam penelitian ini.

Fig. (1) PRISMA flowchart of screening articles on intervention for improving quality of life.

Tabel 1. Database search strategy

Strategi Pencarian Literatur
Kata kunci yang digunakan dalam pencarian melalui database ("NPWT" OR "Negative Pressure Wound Therapy") AND ("Diabetes" OR "Diabetes mellitus 2") ("DFU" OR "Diabetic foot ulcer")



2.3 Kriteria inklusi dan eksklusi

Artikel dipilih berdasarkan beberapa kriteria. Kriteria inklusi meliputi penelitian yang dilakukan pada manusia dengan diabetes melitus tipe 2 yang mengalami ulkus diabetik **grade 2-4**, menggunakan NPWT sebagai intervensi, serta membahas proses penyembuhan ulkus diabetik. Artikel juga harus diterbitkan dalam rentang tahun 2021-2026 dan tersedia dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris. Sementara itu, artikel yang membahas jenis luka selain ulkus diabetik, merupakan *literature review*, *systematic review*, atau *meta-analysis*, hanya tersedia dalam bentuk abstrak, maupun tidak sesuai dengan topik penelitian dimasukkan dalam analisis.

Delapan artikel yang telah terpilih selanjutnya dikaji dan dibandingkan secara **deskriptif**. Informasi yang diperhatikan meliputi karakteristik, penelitian, desain penelitian, jumlah sampel, bentuk pemberian NPWT, kelompok pembanding, serta hasil yang berkaitan dengan penyembuhan ulkus diabetik. Hasil dari masing-masing penelitian kemudian disusun secara naratif untuk melihat gambaran penggunaan NPWT dalam proses penyembuhan ulkus diabetik pada pasien diabetes melitus tipe 2.

Kriteria eksklusi tidak menggunakan artikel apabila penelitian tidak melibatkan pasien diabetes melitus tipe 2 dengan ulkus diabetik, tidak menggunakan NPWT sebagai intervensi atau membahas jenis luka selain ulkus diabetik. Artikel berupa *literature review*, *systematic review*, atau *meta-analysis* juga tidak dimasukkan ke dalam penelitian. Selain itu, artikel yang hanya tersedia dalam bentuk abstrak, tidak dapat diakses secara *full-text*, dan tidak sesuai dengan fokus penelitian dikeluarkan dari proses seleksi

2.4 Data Extraction Methods

Tabel 2. Data extracion and assament of articles quality

No.	Author (Year)	Method	Level of Evidence	Summary of Quality Article
1.	Yin Wu, Gan Shen, Chao Hao, (2023)	RCT	2	Good
2.	Meifang Zhong, Jiawei Guo, Mulan Qahar, Guangtao Huang, JunWu. (2024)	RCT	2	Fair
3.	Dorthe Seidel, Rolf Lefering, Kelompok Studi Diafu, (2022)	RCT	2	Good
4.	Malekpour Alamdari, N., Mehranroodi, B, Gholizadeh, B., Zeinalpour, A., Safe, P., & Besharat, S. (2021)	RCT	2	Good
5.	Yixuan Huang, Zhenyi Yul, Murong Xul, Xiaotong Zhao 1,	RCT	2	Fair

	Yizhong Tang, Li Luo, Datong Deng 1 & Mingwei Chen (2025)			
6.	Mian Amad Ali, Syed Shehzad Husnain, Muahmmad Yousaf Shah, Muhammad Waqas Akram, Fahad Raza Ansar, dan Syed Daood Hashmi, (2025)	RCT	2	Good
7.	Rashid Zahid Ali, Khurram Bajwa, Bilal Elahi, Qaiser h\Haral, Arwah Mansoor, & Shakeel Akbar, (2024)	RCT	2	Good
8.	Mabrouk, M., Fouda, A., Saeed, M., Fawzy, R., & Atta, I. (2026).	RCT	2	Good

2.5 Hasil Pencarian dan Seleksi Artikel

Pencarian literatur dilakukan untuk mengidentifikasi penelitian yang relevan mengenai penggunaan Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) pada pasien dengan luka kaki diabetik (*diabetic foot ulcer*). Pencarian dilakukan menggunakan kata kunci yang telah disesuaikan dengan tujuan literature review. Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan.

Proses seleksi dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu identifikasi artikel, penyaringan berdasarkan judul dan abstrak, penilaian full text, serta penentuan artikel yang sesuai dengan kriteria penelitian. Setelah melalui seluruh tahapan seleksi, diperoleh 8 artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan digunakan sebagai sumber dalam literature review. Alur proses pencarian dan seleksi artikel disajikan dalam Gambar 1 Melalui diagram PRISMA.

Tabel 3. Sumarry of articles assesment.

No.	Judul/Penulis	Sampel	Intervensi	Pembanding	Hasil Utama
1.	Yin Wu, Gan Shen, Chao Hao, (2023) “Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) is superior to conventional moist dressing in wound bed preparation for diabetic foot controlled trial” (Yin, Gan, & Chao, 2023)	100 Pasien; 50 NPWT, 50 Kontrol	NPWT/VAC vs Alginate Dressing	Alginate Dressing	Waktu untuk operasi STSG lebih sedikit/singkat pada NPWT (7,2 vs 13,6 hari; p<0,001), lama rawat lebih pendek (15,0 vs 24,1 hari), dan survival graft 100% vs 75%.

2.	Meifang Zhong, Jiawei Guo, Mulan Qahar, Guangtao Huang, Jun Wu. (2024) “Combination Therapy of Negative Pressure Wound Therapy and antibiotic-loaded bone cement for accelerating diabetic foot ulcer healing. A prospective randomised controlled trial” (MeifangZhong, JiaweiGuo, MulanQahar, GuangtaoHuang, 2024)	28 Pasien; 12 NPWT + ALBC, 16 NPWT	NPWT antibiotic-loaded bone cement (ALBC) vs NPWT saja	NPWT saja	Kombinasi NPWT + ALBC menunjukkan wound bed superior, penggunaan inflamasi, meningkatkan kolagen, meningkatkan vaskularisasi dan polarisasi makrofag M2.
3.	Dorthe Seidel, Rolf Lefering, Kelompok Studi DiaFu. (2022) “NPWT resource use compared with standard moist wound care in diabetic foot wounds” (Dörthe Seidel, 2022)	368 pasien dewasa	NPWT vs standard moist wound care (SMWC)	Standard moist wound care (SMWC)	Durasi perawatan dengan NPWT lebih pendek 82,2 (31,6), SMWC 98,8 (24,6), Perawatan rawat jalan 14,9 hari lebih singkat 68,3 (31,1), SMWC 83,2 (29,7), Jumlah pergantian perban per peserta studi lebih rendah dengan NPWT 35,1 (18,6), SMWC 42,9 (21,4); Uji U, p=0,067, waktu per perubahan perban secara signifikan lebih rendah dengan SMWC 19,7 (12,8), NPWT 16,5 (8,2) menit; Uji u,

					p<0,0001, dan waktu debridement bedah per peserta studi 23,3 menit lebih singkat dengan NPWT 20,5 (20,5) SMWC 43,8 (46,7); Uji U, p=0,395.
4.	Malekpour Alamdari, N., Mehranroodi, B., Gholizadeh, B., Zeinalpour, A., Safe, P., & Beshrat, S. (2021) “The Efficacy of Negative Pressure Wound Therapy Compared with Conventional Dressing in treating infected diabetic foot ulcers: A randomized controlled trial” (Malekpour Alamdari et al., 2021)	60 Pasien, 27 (45%) Perempuan	NPWT dengan tekanan -125 mmHg sampai -100 mmHg.	Conventional Dressing	NPWT memberikan penyembuhan lebih tinggi (p=0,01) mempercepat pembentukan jaringan granulasi, serta secara signifikan mengurangi luas dan kedalaman ulkus. Kelompok NPWT juga menunjukkan lebih sedikit amputasi mayor.
5.	Yan Zhang, Yan Peng, Chen Long, Mei Han, Dan Wang, Ying Long, Hong Lin, & Jin-Yi Liu (2025) “Negative Pressure Wound Therapy accelerates human diabetic foot ulcer healing through promoting microRNA-155-5p/vascular endothelial growth factor expression” (Huang et al., 2025)	Total 60 Pasien Ulkus Kaki Diabetik (DFU) Kelompok NPWT : 40 Pasien Kelompok Kontrol (Standard Wound Care) : 20 Pasien	Menggunakan Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) dengan tekanan negatif kontinyu -120 mmHg.	Conventional /Standard Wound Dressing	NPWT memberikan perubahan yang lebih baik pada luas luka dan biomarker penyembuhan. NPWT menurunkan ekspresi miR-155 dan berkaitan dengan peningkatan faktor yang mending proses angiogenesis/pe nyembuhan luka

6.	Mian Amad Ali, Syed Shehzad Husnain, Muhammad Yousaf Shah, Muhammad Waqas Akram, Fahad Raza Ansar, dan Syed Daood Hashmi (2025) “Comparative Study of Negative Pressure Wound Therapy and Silver-releasing Foam Dressings in the Management of Diabetic Foot Ulcers” (Mian Amad Ali et al., 2025)	120 Pasien	NPWT (V.A.C. System) dengan tekanan hisap -50 hingga -125 mbar pasca-debridement. Kontrol (Group B): Balutan <i>Silver-releasing foam</i> (Ag dressings) pasca-debridement, ganti balutan tiap 3 hari	Silver-releasing foam dressings	1. Rata-rata Waktu Penyembuhan : NPWT signifikan lebih cepat yaitu 19,7 + 7,5 hari (rentang 14-28 hari) dibandingkan balutan busa perak 24,9 + 9,4 hari (rentang 18-35 hari) (p < 0,05). 2. Persentase Reduksi Ukuran Ulkus: NPWT mencapai reduksi rata-rata 38,7% + 12,6% (rentang 25-52%) vs balutan busa perak 26,5% + 10,9% (rentang 15-40%) (p < 0,05).
7.	Rashid Zahid Ali, Khurram Bajwa, Bilal	92 Pasien	Negative Pressure	Standard Moist	NPWT secara signifikan

	Elahi, Qaiser Haral, Arwah Mansoor, & Shakeel Akbar (2024) “COMPARISON BETWEEN NEGATIVE PRESSURE WOUND THERAPY VERSUS STANDARD WOUND CARE IN DIABETIC FOOT PATIENTS AT A TERTIARY CARE HOSPITAL” (Rashid Zahid Ali1, Khurram Bajwa2, Bilal Elahi, Qaiser Haral, Arwah Mansoor, 2024)		Wound Therapy (NPWT) terapi luka menggunakan tekanan negatif/vakum untuk membantu proses penyembuhan luka.	Dressing	meningkatkan penyembuhan luka, memperbesar reduksi ukuran luka, serta menurunkan komplikasi dan infeksi, dengan kepuasan pasien yang lebih tinggi. Namun, angka kekambuhan ulkus tidak berbeda signifikan antara kedua kelompok.
8.	Mabrouk, M., Fouda, A., Saeed, M., Fawzy, R., & Atta, I (2026). “Role of Negative Pressure WoundTherapy in the Management of surgically treated diabetic foot infections: A randomized controlled trial” (Mabrouk, Fouda, Saeed, Fawzy, & Atta, 2026)	80 Pasien	NPWT dibandingkan dengan conventional wound dressing setelah dilakukan tindakan bedah	Conventional Wound Dressing (CWD)	NPWT menghasilkan penyusutan luka dan pembentukan granulasi yang lebih cepat, dengan keberhasilan terapi 100% dibandingkan 75% pada kelompok kontrol

Berdasarkan Tabel 3, delapan artikel yang direview menggunakan beberapa desain penelitian untuk mengevaluasi penggunaan NPWT pada luka kaki diabetik. Intervensi yang diteliti terutama berupa NPWT, baik sebagai terapi tunggal maupun dalam bentuk kombinasi dengan intervensi tambahan. Sementara itu, kelompok pembanding pada penelitian yang direview meliputi perawatan luka konvensional, jenis dressing tertentu, maupun variasi metode penggunaan NPWT.

Variasi intervensi dan pembanding menunjukkan bahwa NPWT telah diteliti dalam berbagai pendekatan untuk meningkatkan proses penyembuhan luka kaki diabetik. Luaran yang diamati dalam artikel yang direview meliputi perkembangan penyembuhan luka, wound bed preparation, pembentukan jaringan granulasi, perubahan ukuran luka, serta beberapa indikator terkait kondisi jaringan dan proses inflamasi.

Secara keseluruhan, kedelapan artikel tersebut memberikan gambaran mengenai penggunaan NPWT pada berbagai kondisi luka kaki diabetik dengan metode dan pembanding

yyang berbeda. Hasil dari masing-masing penelitian selanjutnya menjadi dasar untuk dilakukan sintesis dan pembahasan mengenai efektivitas NPWT terhadap penyembuhan luka kaki diabetik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Mekanisme Kerja NPWT dalam Penyembuhan Ulkus Kaki Diabetik

Negative pressure wound therapy (NPWT) merupakan terapi luka yang menggunakan tekanan negatif terkontrol tertutup dan perangkat pengisap untuk membantu proses penyembuhan ulkus diabetik. Pemberian tekanan negatif dapat membantu mengeluarkan eksudat dan material infeksi, mengurangi edema, meningkatkan perfusi jaringan, serta mendukung pembentukan jaringan granulasi. Mekanisme tersebut berperan dalam mempersiapkan dasar luka agar lebih kondusif bagi proses perbaikan jaringan (Malekpour Alamdari et al., 2021). (Zhong, Guo, Qahar, Huang, & Wu, 2024)

Salah satu mekanisme NPWT adalah memberikan stimulasi mekanis pada jaringan luka melalui deformasi jaringan di sekitar busa balutan. Stimulasi tersebut berkaitan dengan kontraksi luka dan aktivitas sel yang berperan dalam regenerasi jaringan, termasuk fibroblas. Fibroblas berfungsi dalam pembentukan matriks ekstraseluler dan kolagen yang dibutuhkan untuk memperkuat jaringan granulasi. Penelitian Huang et al. (2025) menunjukkan bahwa pemberian NPWT berhubungan dengan penurunan ekspresi microRNA-155 (miR-155) pada jaringan granulasi pasien ulkus kaki diabetik. Penelitian tersebut juga menemukan peningkatan ekspresi fibroblast growth factor 7 (FGF7) dan perubahan aktivitas fibroblas, yaitu peningkatan proliferasi dan migrasi serta penurunan apoptosis pada pengujian in vitro. Temuan ini menunjukkan adanya kemungkinan keterlibatan jalur miR-155/FGF7 dalam respons jaringan terhadap NPWT, meskipun mekanisme regulasi tersebut masih memerlukan penelitian lebih lanjut (Huang et al.(2025)

NPWT juga berkaitan dengan peningkatan perfusi darah dan vaskularisasi pada dasar luka. Aliran yang memadai dibutuhkan untuk membawa oksigen dan nutrisi ke jaringan yang sedang mengalami perbaikan. Dalam penelitian Yin et al. (2023), kelompok yang mendapatkan NPWT menunjukkan peningkatan perfusi darah luka dan peningkatan indikator vaskularisasi dibandingkan kelompok yang menerima balutan alginat. Penelitian Zhong et al. (2024) juga menemukan peningkatan ekspresi penanda vaskular, termasuk α -SMA, pada kelompok yang menerima kombinasi NPWT dan antibiotic-loaded bone cement (ALBC) dibandingkan NPWT dalam mempersiapkan dasar luka melalui perbaikan perfusi dan vaskularisasi sebagai efek dari intervensi gabungan, bukan NPWT secara tunggal.

Selain mendukung perfusi, NPWT membantu mengendalikan eksudat dan edema pada luka. Pengeluaran cairan berlebih dapat membantu mengurangi penumpukan eksudat di dasar luka dan menjaga kondisi lingkungan luka. Pada ulkus kaki diabetik yang disertai infeksi, pengendalian eksudat dan material terinfeksi menjadi salah satu bagian penting dari perawatan. Malekpour Alamdari et al. (2021) menjelaskan bahwa NPWT membantu mengeluarkan eksudat melalui sistem drainase tertutup, sedangkan Zhong et al. (2024) melaporkan bahwa NPWT digunakan untuk mengurangi edema serta mengeluarkan pus dan material terinfeksi. Meskipun demikian, NPWT tetap perlu disertai tindakan perawatan luka lain, seperti debridemen dan pengendalian infeksi sesuai kondisi pasien.

Mekanisme lain yang diteliti adalah perubahan respons inflamasi dan aktivitas sel imun pada jaringan luka. Pada penelitian Huang et al.(2025), kelompok NPWT menunjukkan penurunan kadar CRP dan leukosit darah serta penurunan ekspresi sitokin proinflamasi IL-1 β dan IL-6 pada jaringan luka setelah terapi selama satu minggu. Penelitian tersebut juga menemukan peningkatan faktor antiinflamasi IL-4 DAN IL-10. Sementara itu, penelitian Zhong et al.(2024) pada terapi kombinasi NPWT dan ALBC menemukan penurunan ekspresi IL-6 serta peningkatan penanda yang berkaitan dengan makrofag M2 dan pembentukan kolagen. Temuan ini

menunjukkan bahwa perubahan inflamasi dapat menyertai proses persiapan dasar luka, tetapi hasil pada kelompok terapi kombinasi tidak dapat langsung dianggap sebagai sebagai efek NPWT saja. Perubahan aktivitas neutrofil dan makrofag juga dilaporkan dalam penelitian Wu et al. (2023). Studi tersebut menemukan penurunan pembentukan neutrophil extracellular traps (NETs) serta perubahan proporsi makrofag dari fenotipe M1 yang berkaitan dengan respons proinflamasi menuju fenotipe M2 yang berperan dalam resolusi inflamasi dan perbaikan jaringan. Penurunan NETs yang berlebihan berpotensi mengurangi kerusakan jaringan akibat respon inflamasi berkepanjangan. Namun, hasil ini berasal dari penelitian yang berfokus pada persiapan dasar luka sebelum tindakan split-thickness skin graft (STSG), sehingga penerapannya pada seluruh jenis ulkus kaki diabetik perlu mempertimbangkan karakteristik luka dan tujuan(Yin Wu, Gan Shen, 2023).

Secara keseluruhan, delapan artikel yang ditelaah menggambarkan bahwa NPWT dapat mendukung penyembuhan ulkus kaki diabetik melalui beberapa jalur, terutama pengeluaran eksudat, pengurangan edema, peningkatan perfusi dan pembentukan jaringan granulasi, serta perubahan respons inflamasi. Sejumlah juga mengidentifikasi mekanisme seluler dan molekuler, seperti perubahan miR-155/FGF7, pananda vaskular, polarisasi makrofag, dan pembentukan NETs. Mekanisme tersebut tidak seluruhnya diteliti dalam setiap artikel dan sebagian ditemukan pada penelitian dengan intervensi kombinasi atau luaran khusus, sehingga perlu dipahami sebagai bukti yang saling melengkapi, bukan sebagai satu mekanisme tunggal yang berlaku pada semua pasien.

3.2 Faktor Pasien dan Karakteristik Luka yang Memengaruhi Efektivitas

Efektivitas NPWT pada ulkus kaki diabetik dapat dipengaruhi oleh karakteristik luka, kondisi vaskular, pengendalian glukosa darah, serta adanya infeksi atau komplikasi penyerta. Perbedaan karakteristik pasien dan luka juga dapat mempengaruhi hasil antar penelitian, sehingga keberhasilan terapi perlu dinilai berdasarkan kondisi klinis dan luaran yang digunakan dalam masing-masing studi. Karakteristik luka, seperti luas, kedalaman, derajat ulkus, dan kondisi dasar luka setelah debridement, merupakan faktor yang perlu diperhatikan sebelum pemberian NPWT. beberapa penelitian dalam telaah ini melibatkan pasien dengan ulkus derajat Wagner II-III, sedangkan penelitian lain mencakup luka kaki diabetik dengan kondisi klinis yang lebih kompleks. Malekpour Alamdari et al. (2021), misalnya meneliti pasien dengan ulkus kaki diabetik terinfeksi non iskemik dan melakukan debridement apabila ditemukan jaringan tidak viabel Huang et al.(2025) juga melibatkan pasien dengan ulkus Wagner II-III setelah debridemen. Perbedaan derajat, luas kedalaman, dan kondisi jaringan luka tersebut perlu diperhatikan karena dapat emengaruhi proses pembentukan granulasi dan waktu penyembuhan.

Kondisi perfusi perifer menjadi faktor penting lainnya. Pasokan darah yang tidak memadai dapat menghambat pengiriman oksigen dan nutrisi ke jaringan luka, sehingga mengganggu pembentukan jaringan granulasi dan proses penyembuhan. Malekpour Alamdari et al. (2021) mengecualikan pasien dengan penyakit vaskuler perifer dan perfusi ekstremitas bawah yang tidak memadai dari penelitiannya. Sebaliknya, Mabrouk et al. (2026) secara khusus meneliti luka kaki diabetik setelah tindakan revaskularisasi berhasil. Studi tersebut mensyaratkan adanya bukti perbaikan aliran darah, termasuk tekanan jari kaki minimal 60 mmHg sebagai bgian dari kriteria kelayakan. Hal ini menunjukkan bahwa status vaskular merupakan aspek pentik dalam pemelihan pasien dan intepretasi hasil NPWT, terutama pada luka yang disertai gangguan aliran darah. Pengendalian glukosa darah juga perlu diperhatikan karena hiperglikemia dapat mengganggu proses perbaikan jaringan dan respons tubuh terhadap infeksi. Dalam penelitian Malekpour Alamdari et al. (2021), pasien dengan kontrol glikemik yang tidak memadai, yang ditentukan melalui HbA1c lebih dari 8%, tidak diikutsertakan. Sementara itu, Huang et al.(2025) meneliti perubahan indikator metabolik dan inflmasi pada pasien yang menerima NPWT serta

menemukan bahwa perubahan beberapa indikator inflamasi berkorelasi dengan perubahan ekspresi mR-155. Hasil tersebut menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan kondisi metabolik dan terapi diabetes pasien saat mengevaluasi respons terhadap NPWT. Oleh karena itu, NPWT tidak menggantikan kebutuhan pengendalian glukosa darah sebagai bagian dari perawatan kaki diabetik.

Infeksi lokal dan kolonisasi bakteri juga dapat memengaruhi kondisi dasar luka dan respons terhadap terapi NPWT membantu mengeluarkan eksudat dan material terinfeksi, tetapi pengendalian infeksi tetap dapat membutuhkan debridemen dan terapi antimikroba sesuai indikasi. Zhong et al. (2024) melaporkan bahwa penambahan ALBC pada NPWT berkaitan dengan penurunan kasus kultur bakteri positif pada hari ketujuh dan perbaikan indikator kondisi infeksi dibandingkan NPWT saja. Mabrouk et al. (2026) juga menemukan bahwa penambahan semprotan nanopartikel perak pada NPWT memberikan perubahan pada ukuran luka dan beberapa indikator inflamasi, meskipun perbedaan angka penutupan luka secara keseluruhan antara kelompok tidak signifikan. Temuan ini menunjukkan potensi terapi tambahan pada kondisi tertentu, tetapi belum dapat dijadikan dasar untuk menyimpulkan bahwa seluruh luka yang terinfeksi harus mendapatkan kombinasi terapi tersebut.

Komplikasi penyerta, seperti osteomielitis berat, iskemia yang belum terkoneksi, dan kondisi sistemik pasien, juga perlu menjadi pertimbangan. Sejumlah penelitian menetapkan kondisi-kondisi tersebut sebagai kriteria eksklusi, sehingga hasil penelitian tidak selalu dapat digeneralisasikan kepada pasien dengan komplikasi berat. Sebagai contoh, Mian Amad Ali et al. (2025) mengecualikan pasien dengan osteomielitis aktif dan penyakit arteri perifer berat, sedangkan Mabrouk et al. (2026) mengecualikan pasien dengan bukti osteomielitis berat serta infeksi berat pada bagian kaki tertentu. Dengan demikian, karakteristik pasien yang diteliti menjadi salah satu batasan dalam menerapkan hasil penelitian pada praktik klinis.

Berdasarkan temuan tersebut, efektivitas NPWT perlu dievaluasi secara individual dengan mempertimbangkan karakteristik luka, status perfusi, kontrol glikemik, kondisi infeksi dan komplikasi penyerta. NPWT merupakan salah satu komponen perawatan ulkus kaki diabetik yang perlu diintegrasikan dengan tindakan lain, termasuk debridemen, pengendalian infeksi, pengelolaan diabetes, perbaikan perfusi apabila diperlukan, serta pengurangan tekanan pada area luka (offloading).

3.3 Implikasi Klinis dan Keperawatan serta Keterbatasan

3.3.1 Implikasi Klinis dan Praktik Keperawatan

Hasil telaah artikel menunjukkan bahwa NPWT dapat digunakan sebagai salah satu pilihan terapi tambahan dalam perawatan ulkus kaki diabetik, khususnya pada luka yang membutuhkan pengelolaan eksudat dan persiapan dasar luka. Sejumlah penelitian komparatif melaporkan perbaikan luaran tertentu pada kelompok NPWT, seperti peningkatan pembentukan jaringan granulasi, pengurangan luas atau kedalaman luka, dan pemendekan waktu menuju luaran klinis tertentu. Malekpour Alamdari et al. (2021) menemukan peningkatan laju penyembuhan serta penurunan luas dan kedalaman ulkus pada kelompok NPWT dibandingkan balutan konvensional. Mian Amad Ali et al. (2025) juga melaporkan waktu penyembuhan dan pengurangan luas ulkus yang lebih baik pada kelompok NPWT dibandingkan kelompok balutan busa yang melepaskan perak. Namun, hasil antar penelitian tetap perlu dibaca sesuai jenis pembandingan, karakteristik pasien, dan definisi penyembuhan yang digunakan.

Dalam praktik keperawatan, penerapan NPWT memerlukan pengkajian luka secara menyeluruh sebelum, selama, dan setelah terapi. Perawat perlu mengobservasi lokasi, luas,

kedalaman, kondisi jaringan dasar luka, jumlah dan karakteristik eksudat, kondisi kulit di sekitar luka, tanda-tanda infeksi, serta keluhan nyeri. Pengkajian perfusi perifer dan kondisi umum pasien juga perlu menjadi bagian dari pemantauan, mengingat kondisi vaskular dan metabolik dapat memengaruhi proses penyembuhan. Pemantauan yang konsisten membantu tenaga kesehatan mengevaluasi perubahan kondisi luka dan mengidentifikasi kebutuhan penyesuaian rencana perawatan.

Perawat juga berperan dalam memastikan balutan NPWT terpasang dengan baik dan sistem dapat mempertahankan tekanan negatif sesuai instruksi klinis serta jenis perangkat yang digunakan. Pengaturan tekanan dan frekuensi penggantian balutan pada penelitian yang ditelaah bervariasi. Sebagai contoh, Malekpour Alamdari et al. (2021) menggunakan tekanan -75 hingga -100 mmHg secara intermitten dengan penggantian balutan setiap 48 jam, sedangkan Mian Amad Ali et al. (2025) menggunakan tekanan 125 mmHg dengan penggantian balutan setiap 48-72 jam sesuai kondisi luka. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa pengaturan terapi perlu mengikuti protokol, perangkat, kondisi pasien, dan keputusan klinis; angka dari satu penelitian tidak dapat langsung diterapkan sebagai ketentuan universal.

Selain perawatan lokal, edukasi pasien dan keluarga merupakan bagian penting dalam asuhan keperawatan. Edukasi dapat mencakup kepatuhan terhadap pengobatan diabetes, pengendalian glukosa darah, pemenuhan nutrisi, perawatan kaki, pengurangan tekanan pada area luka, serta pengenalan tanda-tanda infeksi atau komplikasi yang perlu segera dilaporkan. Perawat juga dapat memberikan penjelasan mengenai tujuan penggunaan NPWT, cara menjaga balutan dan perangkat, serta pentingnya mengikuti jadwal evaluasi luka. Pendekatan edukatif ini mendukung keterlibatan pasien dalam perawatan dan membantu menjaga kesinambungan terapi.

Pada luka dengan infeksi atau karakteristik tertentu, terapi tambahan dapat dipertimbangkan berdasarkan hasil pengkajian dan keputusan tim multidisiplin. Zhong et al. (2024) melaporkan bahwa kombinasi NPWT dan ALBC berhubungan dengan peningkatan jaringan granulasi dan perbaikan beberapa indikator infeksi serta inflamasi dibandingkan NPWT saja. Mabrouk et al. (2026) melaporkan bahwa penambahan semprotan nanopartikel perak pada NPWT berkaitan dengan penurunan luas dan kedalaman luka serta waktu menuju tindakan pencangkokan kulit yang lebih singkat, walaupun angka penutupan luka secara keseluruhan tidak berbeda secara signifikan. Oleh karena itu, hasil tersebut dapat menjadi pertimbangan ilmiah untuk terapi tambahan pada kasus terpilih, bukan rekomendasi penggunaan rutin bagi semua pasien.

Dari aspek pemanfaatan sumber daya, Seidel et al. (2022) melaporkan bahwa durasi perawatan pada analisis populasi per protokol lebih singkat pada kelompok NPWT dibandingkan perawatan luka lembab standar, dengan selisih rerata 16 hari. Jumlah penggantian balutan juga lebih rendah secara numerik pada kelompok NPWT, tetapi perbedaannya tidak mencapai signifikansi statistik. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan sumber daya cenderung lebih rendah pada NPWT, tetapi analisis biaya formal masih diperlukan. Dengan demikian, pertimbangan penerapan NPWT dalam pelayanan kesehatan tidak hanya didasarkan pada potensi perbaikan kondisi luka, tetapi juga perlu memperhitungkan ketersediaan perangkat, kebutuhan tenaga terlatih, biaya, kenyamanan pasien, dan fasilitas pelayanan.

Secara umum, implikasi hasil telaah bagi praktik keperawatan adalah pentingnya penggunaan NPWT secara terpilih, disertai pengkajian dan pemantauan luka yang terstruktur, edukasi pasien, serta kolaborasi dengan tim multidisiplin. Keputusan penggunaan NPWT maupun terapi tambahan perlu disesuaikan dengan kondisi klinis pasien dan tujuan perawatan, dengan tetap memperhatikan bahwa bukti yang tersedia menunjukkan variasi hasil pada beberapa

luaran.

3.3.2 Keterbatasan Bukti Penelitian yang Direview

Bukti penelitian mengenai efektivitas NPWT pada ulkus kaki diabetik memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan dalam menafsirkan hasil telaah. Salah satu keterbatasan adalah variasi jumlah sampel dan karakteristik penelitian. Artikel yang ditelaah mencakup penelitian dengan jumlah peserta yang berbeda, mulai dari studi dengan sampel relatif kecil seperti Zhong et al. (2024), yang melibatkan 28 pasien, hingga penelitian dengan jumlah peserta lebih besar seperti Seidel et al. (2022), yang merekrut 368 pasien dalam uji klinis DiaFu. Perbedaan jumlah sampel tersebut dapat memengaruhi ketepatan estimasi hasil dan kekuatan penelitian dalam mendeteksi perbedaan antarintervensi.

Sebagian penelitian juga dilaksanakan di satu pusat pelayanan kesehatan dengan karakteristik pasien dan sistem perawatan tertentu. Huang et al. (2025), misalnya, menyebutkan bahwa penelitian dilakukan di satu pusat dengan jumlah sampel yang relatif terbatas. Penelitian Mian Amad Ali et al. (2025) juga dilakukan pada satu rumah sakit. Kondisi tersebut dapat membatasi generalisasi hasil pada populasi pasien dan fasilitas pelayanan yang berbeda. Selain itu, perbedaan sistem pelayanan, ketersediaan perangkat, protokol perawatan, dan karakteristik luka dapat memengaruhi penerapan hasil penelitian dalam praktik klinis.

Variasi intervensi dan kelompok pembanding menjadi keterbatasan lain dalam membandingkan hasil antar artikel. Penelitian yang ditelaah menggunakan pembanding yang berbeda, seperti balutan konvensional, silver sulfadiazine, balutan alginat, balutan busa yang melepaskan perak, maupun NPWT yang dikombinasikan dengan terapi tambahan. Pengaturan tekanan negatif, pola pemberian tekanan, serta jadwal penggantian balutan juga tidak sepenuhnya sama. Sebagai contoh, Malekpour Alamdari et al. (2021) menggunakan tekanan intermitten -75 hingga -100 mmHg, sedangkan Mian Amad Ali et al. (2025) melaporkan penggunaan tekanan 125 mmHg. Perbedaan protokol tersebut menyebabkan hasil penelitian perlu dibandingkan secara hati-hati karena luaran yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh variasi intervensi dan perawatan pendamping.

Perbedaan definisi dan pengukuran luaran juga dapat menyulitkan sintesis hasil. Beberapa penelitian menilai waktu hingga terbentuknya jaringan granulasi, sedangkan penelitian lain menilai penutupan luka secara lengkap, pengurangan luas atau kedalaman ulkus, waktu menuju pencangkakan kulit, kejadian infeksi, maupun penggunaan sumber daya pelayanan. Seidel et al. (2022), misalnya, melaporkan adanya kendala berupa dokumentasi luaran yang tidak lengkap, penghentian NPWT sebelum waktunya, dan perubahan terapi yang tidak sesuai protokol. Kondisi tersebut berdampak pada analisis hasil dan menyebabkan jumlah peserta dalam populasi per protokol berbeda antara kelompok intervensi dan pembanding. Oleh karena itu, perbedaan luaran yang digunakan perlu diperhatikan sebelum menarik kesimpulan lintas penelitian.

Durasi tindak lanjut yang berbeda juga membatasi penilaian terhadap hasil jangka panjang. Huang et al. (2025) melakukan tindak lanjut selama empat minggu setelah pemberian NPWT dan menyatakan bahwa durasi tersebut belum memadai untuk mengevaluasi hasil jangka panjang serta kekambuhan ulkus. Mian Amad Ali et al. (2025) melakukan pengamatan selama enam minggu, sehingga hasilnya lebih menggambarkan perubahan luka dalam periode pengamatan tersebut. Sementara itu, Seidel et al. (2022) melakukan evaluasi penggunaan sumber daya selama 16 minggu dan mencatat bahwa sebagian luka masih belum menutup pada akhir periode evaluasi. Dengan demikian, tidak semua penelitian memberikan informasi yang cukup mengenai keberlanjutan penyembuhan, kekambuhan, atau komplikasi dalam jangka

panjang.

Keterbatasan juga ditemukan pada penelitian yang mengevaluasi mekanisme biologis. Huang et al. (2025) menemukan perubahan ekspresi miR-155 dan FGF7 yang berkaitan dengan respons terhadap NPWT, tetapi peneliti menyatakan bahwa mekanisme yang menyebabkan perubahan ekspresi miR-155 pada jaringan luka masih belum sepenuhnya diketahui. Penelitian tersebut juga mengakui kemungkinan adanya faktor perancu, termasuk penggunaan obat penurun glukosa darah, antibiotik, dan tindakan debridemen. Sementara itu, penelitian Wu et al. (2023) dan Zhong et al. (2024) mengkaji penanda inflamasi, vaskularisasi, NETs, atau polarisasi makrofag pada konteks intervensi dan karakteristik pasien tertentu. Oleh karena itu, temuan biologis tersebut memberikan penjelasan yang berharga, tetapi belum cukup untuk menetapkan bahwa seluruh jalur molekuler yang diteliti merupakan mekanisme universal NPWT pada semua ulkus kaki diabetik.

Terakhir, bukti mengenai efisiensi biaya dan keamanan NPWT masih memerlukan penilaian lebih lanjut. Seidel et al. (2022) membandingkan penggunaan sumber daya, tetapi tidak melakukan analisis biaya formal yang menyeluruh. Alamdari et al. (2021) juga melaporkan bahwa meskipun beberapa luaran luka membaik, penurunan kejadian komplikasi secara keseluruhan tidak berbeda secara signifikan antara kelompok. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan pada ukuran luka atau waktu penyembuhan tidak selalu diikuti oleh perbedaan yang konsisten pada semua luaran klinis. Penelitian lebih lanjut dengan sampel yang memadai, protokol yang lebih beragam, tindak lanjut lebih panjang, serta pelaporan luaran klinis, keamanan, dan biaya yang terstandar diperlukan untuk memperkuat bukti mengenai penggunaan NPWT pada ulkus kaki diabetik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan :

Berdasarkan hasil literature review terhadap delapan artikel penelitian, Negative Pressure Wound Therapy (NPWT) menunjukkan potensi sebagai salah satu terapi tambahan yang efektif dalam mendukung proses penyembuhan ulkus kaki diabetik pada pasien diabetes melitus tipe 2. Secara umum, penggunaan NPWT berkaitan dengan perbaikan berbagai luaran penyembuhan luka, meliputi percepatan pembentukan jaringan granulasi, pengurangan luas dan kedalaman luka, pemendekan waktu penyembuhan atau persiapan dasar luka, serta perbaikan kondisi jaringan luka dibanding dengan beberapa metode perawatan luka konvensional. Temuan tersebut menunjukkan bahwa NPWT dapat memberikan manfaat dalam mendukung proses penyembuhan, terutama melalui pengelolaan eksudat, pengurangan edema, peningkatan perfusi dan vaskularisasi, serta stimulasi pembentukan jaringan granulasi.

Efektivitas NPWT tidak terlepas dari kondisi pasien dan karakteristik luka. Derajat dan kondisi luka, status perfusi perifer, pengendalian kadar glukosa darah, adanya infeksi, serta komplikasi penyerta perlu dipertimbangkan dalam menentukan penggunaan NPWT. Dengan demikian, NPWT tidak dapat dipandang sebagai terapi yang berdiri sendiri, tetapi perlu diintegrasikan dengan perawatan ulkus kaki diabetik secara komprehensif, termasuk debridement, pengendalian infeksi, pengelolaan diabetes, perbaikan perfusi apabila diperlukan, dan offloading.

Secara Teoretis, hasil telaah ini memperkuat pemahaman bahwa NPWT dapat mendukung penyembuhan ulkus kaki diabetik melalui mekanisme makroskopis maupun biologis,

seperti pengendalian eksudat dan edema, peningkatan perfusi, pembentukan jaringan granulasi, serta perubahan respons inflamasi dan aktivitas seluler. Namun, bukti mengenai mekanisme molekuler tertentu masih terbatas dan belum dapat dianggap sebagai mekanisme universal NPWT pada seluruh pasien.

Secara praktis, NPWT dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pilihan terapi tambahan pada pasien dengan ulkus kaki diabetik yang sesuai dengan indikasi klinis. Penerapannya memerlukan pengkajian luka secara menyeluruh, pemantauan kondisi luka dan sistem NPWT secara berkala, edukasi pasien dan keluarga, serta kolaborasi multidisiplin. Dari aspek pelayanan kesehatan, penerapan NPWT juga perlu mempertimbangkan ketersediaan perangkat, tenaga berlatih, biaya kenyamanan pasien, dan fasilitas pelayanan.

Interpretasi hasil penelitian ini perlu mempertimbangkan beberapa keterbatasan, terutama adanya variasi jumlah sampel, karakteristik pasien dan luka, jenis intervensi serta pembandingan, pengaturan tekanan NPWT, indikator luaran, dan lama tindak lanjut antar penelitian. Sebagian penelitian juga dilakukan pada satu pusat pelayanan dengan jumlah sampel terbatas, mengenai efektivitas jangka panjang, kekambuhan, keamanan, dan efisiensi biaya NPWT masih memerlukan penguatan.

Saran :

Bagi tenaga kesehatan, khususnya perawat, penggunaan NPWT disarankan dilakukan secara selektif berdasarkan hasil pengkajian kondisi luka, status perfusi, kontrol glikemik, kondisi infeksi, serta komplikasi penyerta pasien. Pemantauan luas dan kedalaman luka, jaringan granulasi, eksudat, kondisi kulit sekitar luka, tanda infeksi, nyeri, serta fungsi perangkat NPWT perlu dilakukan secara terstruktur. Pemberian NPWT juga perlu disertai perawatan komprehensif berupa debridement, pengendalian infeksi, pengelolaan diabetes, offloading, dan edukasi pasien sesuai kebutuhan.

Bagi fasilitas pelayanan kesehatan, diperlukan penerapan protokol penggunaan NPWT yang mempertimbangkan kondisi klinis pasien, jenis perangkat, pengaturan tekanan, frekuensi penggantian balutan, serta kompetensi tenaga kesehatan. Penggunaan NPWT juga perlu mempertimbangkan ketersediaan sumber daya dan biaya agar dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan.

Bagi peneliti selanjutnya, diperlukan penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar, karakteristik pasien yang lebih beragam. Protokol NPWT yang lebih beragam, serta kelompok pembandingan yang jelas. Penelitian dengan periode tindak lanjut yang lebih panjang juga diperlukan untuk mengevaluasi keberlanjutan penyembuhan, kejadian kekambuhan, komplikasi, keamanan, dan luaran jangka panjang. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan analisis biaya secara formal serta mengevaluasi mekanisme biologis NPWT secara lebih mendalam sehingga bukti mengenai efektivitas dan penerapan NPWT pada berbagai karakteristik ulkus kaki diabetik dapat diperkuat.

LIST OF ABBREVIATIONS

ALBC = Antibiotic-Loaded Bone Cement

CRP = C-Reactive Protein

CWD = Conventional Wound Dressing

DFU = Diabetic Foot Ulcer

DM = Diabetes Mellitus

FGF7 = Fibroblast Growth Factor 7

HbA1c = Glycated Hemoglobin

IDF = International Diabetes Federation

IL = Interleukin

IWGDF = International Working Group on the Diabetic Foot

miR-155 = MicroRNA-155

NETs = Neutrophil Extracellular Traps

Nrf2 = Nuclear Factor Erythroid 2-Related Factor 2

NPWT = Negative Pressure Wound Therapy

PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses

RCT = Randomized Controlled Trial

SMWC = Standard Moist Wound Care

STSG = Split-Thickness Skin Graft

VAC = Vacuum-Assisted Closure

DAFTAR PUSTAKA

- Chigbu, U. E., Atiku, S. O., & Plessis, C. C. Du. (2023). The Science of Literature Reviews : Searching , Identifying , Selecting , and Synthesising. *Publications*, 11(1), 2.
- Dörthe Seidel, R. L. and D. study group. (2022). NPWT resource use compared with standard moist wound care in diabetic foot wounds : DiaFu randomized clinical trial results. *Journal of Foot and Ankle Research*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13047-022-00569-w>
- Ezzatvar, Y., & García-hermoso, A. (2023). Diabetes Research and Clinical Practice Global estimates of diabetes-related amputations incidence in 2010 - 2020 : A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 195(August 2022), 110194. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2022.110194>
- Hao-Jie Sun, Shan-Wen Si, Ya-Mei Ma, Xue-Kui Liu, Hou-Fa Geng, J. L. (2025). Role of nuclear factor erythroid 2-related factor 2 in negative pressure wound therapy for diabetic foot ulcers. *World Journal of Diabetes*, 16(5), 1-12. <https://doi.org/10.4239/wjd.v16.i5.104350>
- Huang, Y., Yu, Z., Xu, M., Zhao, X., Tang, Y., Luo, L., ... Chen, M. (2025). Negative pressure wound therapy promotes wound healing by down-regulating miR-155 expression in granulation tissue of diabetic foot ulcers. *Scientific Reports*, 15(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90643-7>
- Mabrouk, M., Fouda, A., Saeed, M., Fawzy, R., & Atta, I. (2026). Efficacy of negative-pressure wound therapy with adjunctive silver nanoparticle spray in post-revascularization diabetic foot wounds: A randomized controlled trial. *Surgeon*, (June). <https://doi.org/10.1016/j.surge.2026.08.008>
- Malekpour Alamdari, N., Mehraneroodi, B., Gholizadeh, B., Zeinalpour, A., Safe, P., & Besharat, S. (2021). The efficacy of negative pressure wound therapy compared with conventional dressing in treating infected diabetic foot ulcers: a randomized controlled trial. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*, 41(4), 664-668. <https://doi.org/10.1007/s13410-021-00941-9>
- Maranna, H., Lal, P., Mishra, A., Bains, L., Sawant, G., Bhatia, R., ... Beg, M. Y. (2021). Diabetes & Metabolic Syndrome : Clinical Research & Reviews Negative pressure wound therapy in grade 1 and 2 diabetic foot ulcers : A randomized controlled study. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 15(1), 365-371. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2021.01.014>
- MeifangZhong, JiaweiGuo, MulanQahar, GuangtaoHuang, J. (2024). Combination therapy of negative pressure wound therapy and antibiotic-loaded bone cement for accelerating diabetic foot ulcer healing : A prospective randomised controlled trial. *Original Article*, 21(10), 1-13. <https://doi.org/10.1111/iwj.70089>
- Mian Amad Ali, Syed Shehzad Husnain, Muhammad Yousaf Shah, Muhammad Waqas Akram, Fahad Raza Ansar, & Syed Daood Hashmi. (2025). Comparative Study of Negative Pressure Wound Therapy and Silver-releasing Foam Dressings in the Management of Diabetic Foot Ulcers. *Indus Journal of Bioscience Research*, 3(3), 491-496. <https://doi.org/10.70749/ijbr.v3i3.918>
- Rashid Zahid Ali1, Khurram Bajwa2, Bilal Elahi, Qaiser Haral, Arwah Mansoor, S. A. (2024). COMPARISON BETWEEN NEGATIVE PRESSURE WOUND THERAPY VERSUS STANDARD WOUND CARE IN DIABETIC FOOT PATIENTS AT A TERTIARY CARE HOSPITAL. *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology*, 31(06), 2293-2298. <https://doi.org/10.53555/jptcp.v31i6.6880>
- Sacco, I. C. N., Monteiro, M., Raspovic, A., Paton, J., Netten, J. J. Van, & Rasmussen, A. (2024). Guidelines on the prevention of foot ulcers in persons with diabetes (IWGDF 2023 update). *RESEARCHARTICLE*, 40(e3651), 1-20. <https://doi.org/10.1002/dmrr.3651>
- Seidel, D., Lefering, R., Storck, M., Lawall, H., Wozniak, G., Mauckner, P., ... Zink, K. (2022).

NPWT resource use compared with standard moist wound care in diabetic foot wounds: DiaFu randomized clinical trial results. *Journal of Foot and Ankle Research*, 15(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s13047-022-00569-w>

Tao Yan, Zhang Dou, MacGilchrist Claire, Kirwan Ellen, M. C. (2025). Risk Factors for First- - Ever Diabetes- - Related Foot Ulcer : A Systematic Review and Meta- - Analysis.

International Wound Journal, 22(8), e70728. <https://doi.org/10.1111/iwj.70728>

Yin, W., Gan, S., & Chao, H. (2023). Negative pressure wound therapy (NPWT) is superior to conventional moist dressings in wound bed preparation for diabetic foot ulcers. *Saudi Medical Journal*, 44(10), 1020-1029. <https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.20230386>

Yin Wu, Gan Shen, C. H. (2023). Negative pressure wound therapy (NPWT) is superior to conventional moist dressings in wound bed preparation for diabetic foot ulcers : A randomized controlled trial Negative pressure wound therapy (NPWT) is superior to conventional moist dressings in. *Saudi Medical Journal*, 44(10), 1-11. <https://doi.org/10.15537/smj.2023.44.20230386>

Yunir, E., Juli, T., Tarigan, E., Iswati, E., Sarumpaet, A., Christabel, E. V., ... Tahapary, D. L. (2022). Characteristics of Diabetic Foot Ulcer Patients Pre- and During COVID-19 Pandemic : Lessons Learnt From a National Referral Hospital in Indonesia. *Original Research*, 13(71), 1-8. <https://doi.org/10.1177/21501319221089767>

Zhong, M., Guo, J., Qahar, M., Huang, G., & Wu, J. (2024). Combination therapy of negative pressure wound therapy and antibiotic-loaded bone cement for accelerating diabetic foot ulcer healing: A prospective randomised controlled trial. *International Wound Journal*, 21(10), 1-13. <https://doi.org/10.1111/iwj.70089>