

EFEKTIVITAS TERAPI ULTRASOUND DALAM PENANGANAN *DIABETIC FOOT ULCER*: TINJAUAN NARATIF

Nadiya Izzatul Jannah¹

¹*Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia*

*Corresponding author: Nadiya Izzatul Jannah, Email: J128240010@student.ums.ac.id

Abstract

Introduction: Diabetic Foot Ulcer merupakan komplikasi kronis pada pasien diabetes mellitus yang berpotensi menyebabkan infeksi, morbiditas, hingga amputasi. Terapi ultrasound menjadi salah satu pendekatan biofisik yang menunjukkan potensi dalam mempercepat proses penyembuhan luka. **Objectives:** Tinjauan naratif ini bertujuan mengevaluasi efektivitas terapi ultrasound, baik sebagai intervensi tunggal maupun dalam kombinasi dengan modalitas lain seperti stimulasi listrik. **Method:** Pencarian literatur dilakukan melalui PubMed dan Google Scholar, mencakup artikel terbitan tahun 2015–2025. **Result:** Hasil review terhadap enam studi menunjukkan bahwa penggunaan Ultrasound-Assisted Wound Debridement (UAW) dan Combined Ultrasound and Electrical Current Stimulation (CUSECS), dapat mempercepat penyembuhan luka, meningkatkan proliferasi sel, serta mengurangi ukuran luka. Meskipun demikian, sebagian studi memiliki keterbatasan berupa ukuran sampel kecil dan ketidakterbukaan desain. **Conclusion:** Simpulan dari tinjauan ini menyatakan bahwa terapi ultrasound merupakan modalitas adjuvan yang menjanjikan dalam penanganan Diabetic Foot Ulcer, meskipun dibutuhkan uji klinis berskala besar untuk mendukung penerapannya secara luas di praktik klinis.

Kata kunci: *DFU*, Ultrasound, Electrical Stimulation, Diabetic, Ulkus Diabetic.

Introduction

Diabetic foot ulcer merupakan salah satu komplikasi kronis yang paling serius dan sering terjadi pada pasien dengan diabetes mellitus. *Diabetic Foot Ulcer* didefinisikan sebagai luka atau kerusakan pada permukaan kulit yang melibatkan hilangnya epitel dan dapat meluas ke dermis serta jaringan yang lebih dalam, yang terjadi pada kaki pasien dengan diabetes (Liu et al., 2024). Patofisiologi terjadinya *Diabetic Foot Ulcer* melibatkan interaksi kompleks antara neuropati perifer, penyakit arteri perifer, peningkatan tekanan plantar, trauma berulang, dan infeksi (Smet et al., 2021). Neuropati sensorik menyebabkan berkurangnya sensasi nyeri dan trauma, neuropati motorik menyebabkan deformitas yang meningkatkan tekanan plantar, dan neuropati otonom menyebabkan kulit menjadi kering dan rentan terhadap fisura (Komalasari et al., 2022).

Secara global, prevalensi *Diabetic Foot Ulcer* diperkirakan mencapai 6,3% dari populasi pasien diabetes, dengan variasi regional yang signifikan (Lazzarini et al., 2018). Studi terbaru menunjukkan bahwa sekitar 19-34% pasien diabetes akan mengalami *Diabetic Foot Ulcer* selama hidup mereka (Lestari et al., 2022). Di Indonesia, prevalensi *Diabetic Foot Ulcer* dilaporkan berkisar antara 12-15% pada pasien diabetes (Rasyidah et al., 2023). Beban ekonomi yang ditimbulkan oleh *Diabetic Foot Ulcer* sangat besar, dengan biaya pengobatan tahunan global yang diperkirakan mencapai 40-50 miliar USD (Watson-Miller, 2006). Studi dari berbagai negara menunjukkan bahwa biaya pengobatan pasien diabetes dengan *Diabetic Foot Ulcer* 5-7 kali lebih tinggi dibandingkan dengan pasien diabetes tanpa *Diabetic Foot Ulcer* (Lázaro-Martínez et al., 2020). Beban ekonomi ini mencakup biaya perawatan langsung (rawat inap, prosedur bedah, antibiotik, dressing), dan biaya tidak langsung (hilangnya produktivitas, perawatan jangka panjang, dan rehabilitasi) (Janjic et al., 2018).

Pengelolaan *Diabetic Foot Ulcer* menghadapi berbagai tantangan kompleks. Pertama, tingkat penyembuhan yang lambat dan tingkat rekurensi yang tinggi, dengan 40% kasus mengalami kekambuhan dalam satu tahun setelah penyembuhan (Nisak, 2021). Kedua, tingginya risiko infeksi dan amputasi, dengan sekitar 15-20% pasien *Diabetic Foot Ulcer* akhirnya menjalani amputasi ekstremitas bawah (Kaviani et al., 2011). Ketiga, resistensi antibiotik yang semakin meningkat pada infeksi *Diabetic Foot Ulcer* menyulitkan pengobatan (Smet et al., 2021). Keempat, kepatuhan pasien yang rendah terhadap offloading dan perawatan luka (Balducci, Stefano, Sacchetti, Massimo, Haxhi, Jonida, Orlando, Giorgio, D’Errico, Valeria, Fallucca, Sara, Menini, Stefano, Pugliese, 2014). Kelima, akses

terbatas ke perawatan multidisiplin yang komprehensif, terutama di negara berkembang (Mohajeri-Tehrani et al., 2014).

Modalitas terapi yang tersedia untuk *Diabetic Foot Ulcer* terus berkembang seiring kemajuan teknologi kedokteran. Terapi standar mencakup debridemen, manajemen infeksi, offloading, dan dressing luka (Janjic et al., 2018). Terapi adjuvan yang telah menunjukkan efektivitas meliputi growth factor topikal, terapi hiperbarik oksigen, vakum terapeutik, terapi sel punca, dan terapi biofisik termasuk ultrasound (Aziz & Cullum, 2015). Penelitian terbaru juga menunjukkan potensi penggunaan terapi kombinasi untuk meningkatkan hasil penyembuhan *Diabetic Foot Ulcer* (P. Chen et al., 2024).

Ultrasound (US) sebagai modalitas terapi *Diabetic Foot Ulcer* telah mendapat perhatian khusus dalam beberapa tahun terakhir. Berdasarkan frekuensi, ultrasound dapat diklasifikasikan menjadi low-frequency ultrasound (LFUS, 20-60 kHz) dan high-frequency ultrasound (HFUS, 1-3 MHz) (H. Chen et al., 2023). Berdasarkan tujuan penggunaan, ultrasound dapat dibedakan menjadi ultrasound diagnostik dan ultrasound terapeutik. Ultrasound diagnostik menggunakan frekuensi lebih tinggi (3-10 MHz) untuk visualisasi struktur jaringan, penilaian perfusi, dan deteksi abses atau osteomielitis pada *Diabetic Foot Ulcer* (Petrofsky et al., 2010). Ultrasound terapeutik menggunakan energi mekanik untuk memfasilitasi penyembuhan luka melalui mekanisme kavitasi, streaming akustik, dan efek termal maupun non-termal (Liu et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan tentang penggunaan ultrasound untuk *Diabetic Foot Ulcer*, masih terdapat inkonsistensi dalam protokol pengobatan, parameter ultrasound, dan hasil klinis yang dilaporkan (Janjic et al., 2018). Oleh karena itu, narrative review ini bertujuan untuk mengevaluasi bukti ilmiah terkini (2015-2025) mengenai efektivitas berbagai jenis intervensi ultrasound dalam manajemen *Diabetic Foot Ulcer*, mengidentifikasi parameter ultrasound yang optimal, dan memetakan mekanisme aksi ultrasound dalam penyembuhan *Diabetic Foot Ulcer*. Hasil narrative review ini diharapkan dapat memberikan panduan berbasis bukti bagi praktisi klinisi dalam mengimplementasikan terapi ultrasound sebagai bagian dari manajemen komprehensif *Diabetic Foot Ulcer*.

Metode

Penulisan artikel ini menggunakan metode *narrative review* untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis informasi dari berbagai sumber ilmiah yang relevan dengan topik pembahasan. Dalam proses pengumpulan data, pencarian dilakukan di dua basis data

utama, yaitu PubMed dan Google Scholar. Strategi pencarian literatur dirancang secara sistematis dengan menggunakan kombinasi kata kunci utama seperti “diabetic foot ulcer”, “ultrasound therapy”, dan “wound healing”. Kata kunci tersebut dikombinasikan menggunakan operator Boolean AND dan OR untuk memperluas hasil pencarian dan mencakup berbagai istilah sepadan yang umum digunakan dalam publikasi ilmiah.

Sebagai upaya untuk meningkatkan sensitivitas pencarian dan memperjelas cakupan terminologi yang digunakan, disusunlah tabel kata kunci dan sinonim berikut. Tabel ini bertujuan untuk membantu pembaca dalam memahami cakupan linguistik dari literatur yang dianalisis, sekaligus mendukung interpretasi data hasil review:

Table 1. Kata Kunci dan Sinonim dalam Strategi Pencarian Literatur

Kata Kunci Utama	Sinonim / Istilah Terkait	Contoh Kombinasi Boolean
Diabetic Foot Ulcer	Ulkus kaki diabetik, DFU	“diabetic foot ulcer” OR “DFU”
Ultrasound Therapy	Terapi ultrasound, Ultrasonik, US therapy	“ultrasound therapy” OR “ultrasonic treatment”
Wound Healing	Penyembuhan luka, Luka kronis	“wound healing” OR “chronic wound”
Electrical Stimulation	Stimulasi listrik, Electric current stimulation	“electrical stimulation” OR “electric current”
Physical Therapy	Fisioterapi	“physiotherapy” OR “physical therapy”

Literatur yang memenuhi kriteria seleksi terdiri dari berbagai desain penelitian seperti uji klinis *Randomized Controlled Trials*, studi observasional, serta tinjauan sistematis dan meta-analisis yang secara eksplisit mengevaluasi efektivitas terapi ultrasound sebagai intervensi pada ulkus kaki diabetik.

Proses seleksi artikel dilakukan secara bertahap, dimulai dari evaluasi judul, abstrak, hingga membaca teks lengkap untuk memastikan kesesuaian dengan fokus topik. Selanjutnya, dilakukan proses ekstraksi data menggunakan pendekatan manual berbasis lembar kerja terstruktur (data extraction sheet) yang dirancang khusus untuk merekam informasi penting dari setiap artikel yang lolos seleksi.

Parameter yang diekstraksi meliputi: nama penulis dan tahun publikasi, desain studi, ukuran sampel, jenis intervensi ultrasound, parameter outcome (seperti perubahan luas luka, waktu penyembuhan, atau peningkatan proliferasi sel), serta keterbatasan metodologis studi. Proses ekstraksi dilakukan oleh penulis secara mandiri dan ditinjau ulang untuk memastikan konsistensi dan akurasi data. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis dan disusun secara deskriptif dalam bentuk tabel untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas ultrasound dalam manajemen Diabetic Foot Ulcer, termasuk mekanisme aksi serta implikasinya terhadap praktik fisioterapi klinis. Untuk menilai kualitas metodologi dari setiap studi yang direview, digunakan pedoman JBI Critical Appraisal Tools yang disesuaikan dengan desain penelitian masing-masing. Checklist JBI yang digunakan mencakup: JBI Checklist for Randomized Controlled Trials, Quasi-Experimental Studies, Case Reports, serta Analytical Cross-Sectional Studies.

Penilaian dilakukan berdasarkan kriteria dalam checklist, dengan jawaban “Ya” mendapat skor 1, sementara “Tidak” atau “Tidak Jelas” diberi skor 0. Skor akhir dihitung dalam bentuk persentase dari total kriteria dan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori kualitas: tinggi ($\geq 75\%$), sedang (50–74%), dan rendah ($< 50\%$). Hasil lengkap penilaian kualitas studi disajikan dalam bentuk tabel rekapitulasi.

Table 2 Tabel Penilaian JBI

No	Studi (Tahun)	Jenis Studi	Total Kriteria	Kriteria Terpenuhi	Skor (%)	Kualitas
1	Michailidis et al. (2018)	RCT	13	7	54%	Sedang
2	Lázaro-Martínez et al. (2020)	RCT	13	10	77%	Tinggi
3	Abd El-Kader & Ashmawy (2015)	RCT	13	7	54%	Sedang
4	Kamalakkannan et al. (2019)	Kuasi-eksperimental	9	5	56%	Sedang
5	Hearne et al. (2022)	Pilot RCT	13	8	62%	Sedang
6	Flores-Escobar et al. (2022)	Sistematik Review & Meta-analisis	11	10	91%	Tinggi

No	Referensi	Desain Studi	Ukuran Sampel	Intervensi	Hasil Utama	Penilaian Kualitas (JBI)
1	(Michailidis et al., 2018)	RCT	n=34	LFUD vs. NSSD	NSSD menunjukkan waktu penyembuhan lebih cepat (61,6 hari vs 117,6 hari)	Sedang
2	(Lázaro-Martínez et al., 2020)	RCT	n=94	Ultrasound-Assisted Wound Debridement (UAW) vs debridemen bedah	Proliferasi sel meningkat, waktu penyembuhan lebih pendek pada UAW (9.7 vs 14.8 minggu), penyembuhan 6 bulan setara	Tinggi
3	(Abd El-Kader & Ashmawy, 2015)	RCT	n=60	LLLT, HBO, ultrasound pulsa	Semua kelompok menunjukkan perbaikan; HBO lebih baik dalam mengurangi area luka	Sedang
4	(Kamalakaran et al., 2019)	Kuasi-eksperimen	n=30	Ultrasound vs Low Level Laser Therapy (LLLT)	Kedua kelompok membaik, LLLT unggul dalam kontraksi luka	Rendah
5	(Hearne et al., 2022)	Pilot RCT	n=20	CUSECS + standar wound care	Kombinasi menunjukkan potensi mempercepat penyembuhan pada luka kronis	Sedang

6	(Flores-Escobar et al., 2022)	Sistematik review dan meta-analisis	11 studi	UAW	Potensi peningkatan penyembuhan, tetapi tidak signifikan secara statistik	Tinggi
---	-------------------------------	-------------------------------------	----------	-----	---	--------

Result

Berdasarkan penelusuran artikel yang telah dilakukan, didapatkan artikel yang telah diseleksi sesuai dengan kriteria inklusi. Hasil dari pencarian artikel dijelaskan pada tabel berikut:

Table 3. Karakteristik Jurnal

Catatan:

- LFUD: Low-Frequency Ultrasonic Debridement
- NSSD: Non-Surgical Sharp Debridement
- UAW: Ultrasound-Assisted Wound Debridement
- CUSECS: Combined Ultrasound and Electrical Current Stimulation
- LLLT: Low-Level Laser Therapy
- HBO: Hyperbaric Oxygen Therapy

Discussion

Tinjauan naratif ini menelaah enam studi yang membahas efektivitas terapi ultrasound dalam penanganan ulkus kaki diabetik (Diabetic Foot Ulcer/DFU). Secara umum, temuan menunjukkan bahwa ultrasound memiliki potensi dalam mempercepat proses penyembuhan luka, terutama jika digunakan dalam bentuk *Ultrasound-Assisted Wound Debridement* (UAW) atau dikombinasikan dengan stimulasi listrik (*Combined Ultrasound and Electrical Current Stimulation/CUSECS*). Studi Lázaro-Martínez et al. (2020) menyebutkan bahwa UAW lebih efektif dibandingkan debridemen bedah dalam mempercepat regenerasi jaringan dan memperpendek waktu penyembuhan. CUSECS juga menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mempercepat penyembuhan luka kronis (Hearne et al., 2022). Sebaliknya, LFUD (Low-Frequency Ultrasonic Debridement) dinilai kurang efektif dibandingkan debridemen non-bedah biasa (Michailidis et al., 2018). Sementara itu, studi lain melaporkan bahwa ultrasound pulsa mampu memperbaiki kondisi luka, meskipun hasilnya masih kalah dibandingkan terapi oksigen hiperbarik (Abd El-Kader & Ashmawy, 2015). Secara keseluruhan, pola yang terlihat adalah bahwa intervensi ultrasound cenderung meningkatkan kecepatan dan kualitas penyembuhan luka, tetapi efektivitasnya sangat tergantung pada jenis ultrasound dan parameter yang digunakan. Hal ini sekaligus menunjukkan adanya ketidakkonsistenan dalam protokol terapi dan desain studi, serta perlunya uji klinis berskala besar untuk memperkuat bukti.

Dari hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan ultrasound sebagai terapi adjuvan memiliki potensi klinis yang bermakna, baik digunakan sendiri maupun dikombinasikan dengan modalitas lain. Mekanisme yang mendasari efektivitas ini antara lain stimulasi proliferasi sel, peningkatan perfusi jaringan, dan debridemen non-invasif. Dukungan literatur sebelumnya, seperti dari Chen et al. (2023), juga menyebutkan bahwa

ultrasound frekuensi rendah efektif dalam mempercepat penyembuhan luka kronis. Meski demikian, efektivitas tiap metode tidak selalu konsisten, sehingga pemilihan terapi tetap harus mempertimbangkan kondisi pasien secara individual.

Tinjauan ini juga mengidentifikasi beberapa celah penelitian penting. Masih minim standar yang baku terkait parameter ultrasound, seperti frekuensi, durasi, dan intensitas yang optimal. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara langsung membandingkan efektivitas antar jenis ultrasound. Kelompok pasien dengan kondisi khusus, seperti lansia, penderita neuropati berat, atau pasien dengan infeksi sekunder juga belum cukup banyak diteliti. Penelitian jangka panjang untuk menilai efek terhadap kualitas hidup juga masih terbatas.

Temuan ini memiliki implikasi praktis bagi fisioterapis, terutama dalam pengelolaan luka kronis yang sulit sembuh. Terapi seperti UAW dan CUSECS dapat menjadi pilihan tambahan yang efektif dalam praktik klinis. Bagi pembuat kebijakan, hasil ini mendukung integrasi terapi ultrasound ke dalam protokol perawatan DFU, khususnya di fasilitas layanan primer. Ke depan, diperlukan uji klinis multisenter dengan desain yang ketat dan sampel besar, serta upaya untuk menstandarkan protokol terapi. Penelitian juga perlu diarahkan pada eksplorasi kombinasi ultrasound dengan modalitas lain, serta evaluasi biaya-efektivitas agar terapinya dapat diterapkan secara lebih luas dan efisien.

Conclusion

Studi ini memiliki beberapa kekuatan metodologis yang patut dicatat. Proses seleksi literatur dan ekstraksi data dilakukan secara sistematis, sehingga meningkatkan transparansi dan keandalan hasil. Selain itu, penilaian kualitas metodologi menggunakan *JBI Critical Appraisal Tools* yang disesuaikan dengan jenis desain masing-masing studi, sehingga menjaga objektivitas dalam mengevaluasi kekuatan dan kelemahan tiap artikel. Tinjauan ini juga melibatkan berbagai desain penelitian, seperti *randomized controlled trials* (RCT), studi kuasi-eksperimen, dan tinjauan sistematik, yang memberikan sudut pandang beragam terhadap efektivitas terapi ultrasound dalam penanganan ulkus kaki diabetik.

Namun demikian, beberapa keterbatasan perlu diakui. Tidak semua studi mencantumkan parameter terapi secara rinci, sehingga menyulitkan dalam melakukan analisis perbandingan antar intervensi. Ruang lingkup pencarian literatur juga terbatas hanya pada dua basis data, yaitu PubMed dan Google Scholar, serta hanya mencakup artikel berbahasa Inggris dan Indonesia, yang berpotensi menyebabkan bias publikasi. Selain itu,

tidak dilakukan analisis kuantitatif karena heterogenitas desain dan data, sehingga hasil sintesis bersifat deskriptif. Proses peninjauan literatur yang dilakukan oleh satu penulis juga membuka kemungkinan terjadinya bias seleksi dan interpretasi.

Acknowledgments

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak di Program Studi Fisioterapi yang telah memberikan arahan, dukungan, serta fasilitas selama proses penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan sejawat yang turut memberikan masukan serta semangat selama proses penelaahan literatur dan penulisan karya ini.

References:

- Abd El-Kader, S. M., & Ashmawy, E. M. (2015). Diyabetik ayak ülser tedavisinde farklı tedavi şekillerinin etkisi. *European Journal of General Medicine*, *12*(4), 319–325. <https://doi.org/10.15197/ejgm.01390>
- Aziz, Z., & Cullum, N. (2015). Electromagnetic therapy for treating venous leg ulcers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *2015*(7). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD002933.pub6>
- Balducci, Stefano, Sacchetti, Massimo, Haxhi, Jonida, Orlando, Giorgio, D’Errico, Valeria, Fallucca, Sara, Menini, Stefano, Pugliese, G. (2014). Physical Exercise as therapy for type II diabetes. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *32*(30), 13–23. <https://doi.org/10.1002/dmrr>
- Chen, H., Yu, Z., Liu, N., Huang, J., Liang, X., Liang, X., Liang, M., Li, M., & Ni, J. (2023). The efficacy of low-frequency ultrasound as an added treatment for chronic wounds: A meta-analysis. *International Wound Journal*, *20*(2), 448–457. <https://doi.org/10.1111/iwj.13893>
- Chen, P., Vilorio, N. C., Dhatariya, K., Jeffcoate, W., Lobmann, R., McIntosh, C., Piaggese, A., Steinberg, J., Vas, P., Viswanathan, V., Wu, S., & Game, F. (2024). Effectiveness of interventions to enhance healing of chronic foot ulcers in diabetes: A systematic review. *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, *40*(3). <https://doi.org/10.1002/dmrr.3786>
- Flores-Escobar, S., Álvaro-Afonso, F. J., García-álvarez, Y., López-Moral, M., Lázaro-Martínez, J. L., & García-Morales, E. (2022). Ultrasound-Assisted Wound (UAW)

- Debridement in the Treatment of Diabetic Foot Ulcer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/jcm11071911>
- Hearne, C. L. J., Patton, D., Moore, Z. E., Wilson, P., Gillen, C., & O'Connor, T. (2022). Effectiveness of combined modulated ultrasound and electric current stimulation to treat diabetic foot ulcers. *Journal of Wound Care*, 31(1), 12–20. <https://doi.org/10.12968/jowc.2022.31.1.12>
- Janjic, J., Tan, M., Daeichin, V., Noothout, E., Chen, C., Chen, Z., Chang, Z. Y., Beurskens, R. H. S. H., Van Soest, G., Van Der Steen, A. F. W., Verweij, M. D., Pertijs, M. A. P., & De Jong, N. (2018). A 2-D Ultrasound Transducer With Front-End ASIC and Low Cable Count for 3-D Forward-Looking Intravascular Imaging: Performance and Characterization. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, 65(10), 1832–1844. <https://doi.org/10.1109/TUFFC.2018.2859824>
- Kamalakannan, M., Sasirekha, Chitra, S., & Kamal, S. (2019). Effectiveness of ultrasound versus low level laser therapy for diabetic foot ulcer. *Biomedicine (India)*, 39(1), 95–100.
- Kaviani, H., Javaheri, F., & Hatami, N. (2011). Mindfulness-based cognitive therapy (MBCT) reduces depression and anxiety induced by real stressful setting in non-clinical population. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*, 11(2), 285–296.
- Komalasari, D. R., Vongsirinavarat, M., Hiengkaew, V., & Nualnim, N. (2022). The Adaptation of Participation Scale Short Simplified Questionnaire into Indonesian Language and the Psychometric Properties in Individuals with Type 2 Diabetes Mellitus with Vestibular Dysfunction. *Rehabilitation Research and Practice*, 2022(Vd). <https://doi.org/10.1155/2022/2565833>
- Lázaro-Martínez, J. L., Álvaro-Afonso, F. J., Sevillano-Fernández, D., García-álvarez, Y., Sanz-Corbalan, I., & García-Morales, E. (2020). Cellular proliferation, dermal repair, and microbiological effectiveness of ultrasound-assisted wound debridement (UAW) versus standard wound treatment in complicated diabetic foot ulcers (DFU): An open-label randomized controlled trial. *Journal of Clinical Medicine*, 9(12), 1–13. <https://doi.org/10.3390/jcm9124032>
- Lazzarini, P. A., Pacella, R. E., Armstrong, D. G., & van Netten, J. J. (2018). Diabetes-related lower-extremity complications are a leading cause of the global burden of disability. *Diabetic Medicine*, 35(9), 1297–1299. <https://doi.org/10.1111/dme.13680>

- Lestari, I. K., Sugiyarto, & Sumardino. (2022). Electric Stimulation Pada Luka Kaki Diabetik: Literature Review: Electrical Stimulation in Diabetic Foot Ulceration: a Literature Review. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, 2(2), 74–86. <https://ejurnal.poltekkes-tanjungpinang.ac.id/index.php/jkstl/article/view/53%0Ahttps://ejurnal.poltekkes-tanjungpinang.ac.id/index.php/jkstl/article/download/53/45>
- Liu, E., Hu, X., Zhang, W., Xiao, W., Shen, Y., Luo, Y., Zheng, Z., Zhou, P., He, Y., & Que, H. (2024). Efficacy and safety of ultrasound-assisted wound debridement in the treatment of diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-analysis of 11 randomized controlled trials. *Frontiers in Endocrinology*, 15(May), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fendo.2024.1393251>
- Michailidis, L., Bergin, S. M., Haines, T. P., & Williams, C. M. (2018). Healing rates in diabetes-related foot ulcers using low frequency ultrasonic debridement versus non-surgical sharps debridement: A randomised controlled trial ACTRN12612000490875 ACTRN. *BMC Research Notes*, 11(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3841-4>
- Mohajeri-Tehrani, M. R., Nasiripoor, F., Torkaman, G., Hedayati, M., Annabestani, Z., & Asadi, M. R. (2014). Effect of low-intensity direct current on expression of vascular endothelial growth factor and nitric oxide in diabetic foot ulcers. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 51(5), 815–824. <https://doi.org/10.1682/JRRD.2013.08.0174>
- Nisak, R. (2021). Evaluasi Kejadian Dan Klasifikasi Ulkus Diabetikum Menurut Wagner Pada Penderita Diabetes Mellitus. *Jurnal Ilmiah Keperawatan (Scientific Journal of Nursing)*, 7(2). <https://doi.org/10.33023/jikep.v7i2.729>
- Petrofsky, J. S., Lawson, D., Berk, L., & Suh, H. (2010). Enhanced healing of diabetic foot ulcers using local heat and electrical stimulation for 30 min three times per week. *Journal of Diabetes*, 2(1), 41–46. <https://doi.org/10.1111/j.1753-0407.2009.00058.x>
- Rasyidah, D. R., Hidayat, R., & Widowati, R. (2023). Hubungan Tingkat Pengetahuan Perawatan Kaki terhadap Perilaku Pencegahan Ulkus Diabetikum pada Pasien Diabetes Melitus Tipe II di Puskesmas Kecamatan Kebayoran Baru, Jakarta Selatan. *Malahayati Nursing Journal*, 5(7), 2248–2258. <https://doi.org/10.33024/mnj.v5i7.9032>
- Smet, S., Probst, S., Holloway, S., Fourie, A., Beele, H., & Beekman, D. (2021). The measurement properties of assessment tools for chronic wounds: A systematic review.

International Journal of Nursing Studies, 121, 103998.
<https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2021.103998>

Watson-Miller, S. (2006). Living with a diabetic foot ulcer: A phenomenological study. *Journal of Clinical Nursing*, 15(10), 1336–1337. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2702.2006.01521.x>