

## Proses Penyembuhan Luka Diabetik Yang Menggunakan Terapi Ozon Pada Pasien Dengan Diabetes Mellitus

Nurul Hidayah<sup>1</sup>, Yuna Annisa Salsabila<sup>2</sup>, Nurwidji<sup>3</sup>, Wanda Putri Ihsani<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Prodi Keperawatan Lawang, Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang

<sup>2,4</sup> Universitas Jember

<sup>3</sup> Prodi S1 Ilmu Keperawatan, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Majapahit Mojokerto

E-Mail: [nurul\\_hidayah@poltekkes-malang.ac.id](mailto:nurul_hidayah@poltekkes-malang.ac.id)

### ABSTRACT

*Diabetic wounds are the most common complication of diabetes mellitus. Ozone therapy is a complementary therapy that can accelerate and improve the healing process of diabetic wounds. The advantages of ozone therapy are its antimicrobial effects through increased tissue oxygenation, stimulation of angiogenesis, and modulation of the inflammatory response. The purpose of this study was to determine how diabetic wounds are treated after ozone therapy. The design used was a descriptive case study using two clients with diabetes mellitus and diabetic wound complications who visited the Mojopahit Wocare Clinic in Mojokerto Regency as research subjects. The results of this study were obtained in subject I, wounds closed faster and regenerated well with a reduction in the area of the wound in the subject of approximately 2.13 cm<sup>2</sup>/day with an estimated wound healing time of 10 weeks, and in subject II, wounds closed faster and regenerated well with a reduction in the area of the wound in the subject of approximately 4.67 cm<sup>2</sup>/day with an estimated wound healing time of 7 weeks. Therefore, ozone therapy is very helpful in the healing process of diabetic wounds and for a nurse to have a role as an educator in providing information, providing services and helping clients in increasing the level of health knowledge, especially about ozone therapy for healing diabetic wounds.*

*Keywords: Diabetes Mellitus, Diabetic Wounds, Ozone Therapy*

### A. PENDAHULUAN

Diabetes mellitus ialah penyakit kronis yang ditandai dengan kadar gula darah lebih dari normal dan gangguan metabolisme protein, lemak, dan karbohidrat yang disebabkan karena kekurangan hormon insulin secara relatif maupun absolut (Goyal, Singhal, & Jialal, 2023). Bila hal ini dibiarkan tidak terkendali dapat terjadi komplikasi metabolik akut maupun komplikasi vaskuler jangka panjang, baik mikroangiopati maupun makroangiopati (Chawla, Chawla, & Jaggi, 2016).

Masalah yang ditimbulkan dari keadaan tersebut adalah resiko tinggi terjadinya infeksi dan pada penderita diabetes mellitus yang sudah mengalami luka diabetik akan berpengaruh pada proses penyembuhan luka salah satunya adalah timbulnya peradangan sehingga menyebabkan memanjangnya waktu perawatan luka.

Prevalensi Diabetes di Amerika Serikat sekitar 8,3% dari 125,8 juta orang populasi, dan pada meningkat pada tahun berikutnya sebanyak 1,9 juta kasus baru di diagnosa diabetes (Hossain, Al-Mamun, & Islam, 2024). American Diabetes Association menyatakan bahwa setiap 20 detik satu diagnosa baru diabetes ditemukan. Satu amputasi pada kaki diabetik terjadi setiap 30 detik diseluruh dunia, 60-80 % amputasi nontraumatik

disebabkan oleh diabetes (Boulton & Whitehouse, 2023). Kaki diabetik dengan gangren merupakan masalah utama yang sering berakhir dengan kematian selain koma diabetik (Akkus & Sert, 2022). Sebuah studi di United States (USA) sebelumnya mengabarkan bahwa 75% pasien diabetik memiliki masalah pada kaki dan hampir 44% pasien harus menjalani perawatan (McDermott, Fang, Boulton, Selvin, & Hicks, 2022). Urgensi penelitian ini tinggi mengingat prevalensi diabetes dan angka amputasi terkait luka diabetik, sementara novelty/ kebaruan penelitian ini terletak pada oengujian terkontrol efektivitas dan mekanisme terapi ozon sebagai strategi komplementer yang masih kurang dieksplorasi dalam studi klinis pada populasi lokal.

Indonesia menempati urutan ke empat di dunia sebagai negara dengan jumlah penderita diabetes melitus terbanyak setelah India, Cina, Jepang dan Brazil berdasarkan data dari WHO (Meriyansyah, Darmawansyah, & Fauzi, 2024). Beberapa penelitian di Indonesia melaporkan bahwa angka laju amputasi berkisar antara 15 % - 30 % sedangkan angka kematian luka gangren pada penyandang diabetes mellitus berkisar 17% - 32 %. Para ahli diabetes memperkirakan  $\frac{1}{2}$  sampai  $\frac{3}{4}$  kejadian amputasi dapat dihindarkan dengan perawatan luka yang baik (Pemayun & Naibaho, 2017).

Berdasarkan hasil Riskesdas menunjukkan bahwa prevalensi nasional diabetes melitus adalah 5,7 % dimana provinsi Jawa Timur merupakan yang mempunyai prevalensi diabetes melitus diatas prevalensi nasional (Soewondo, Ferrario, & Tahapary, 2013).

Data dari Profil Kesehatan Provinsi Jawa Timur terdapat 8.370 kasus pasien diabetes melitus dengan rawat inap dan 102.399 kasus pasien diabetes melitus dengan rawat jalan (Nurjanah, Wijaya, Meri, Tilarso, & Siswidiani, 2023). Sementara itu Dinas Kesehatan Kabupaten Mojokerto menyebutkan total penderita penyakit diabetes melitus sebanyak 2.214 orang dari 1.123.239 penduduk Kabupaten Mojokerto (Ma'rifah, 2018).

Menurut studi pendahuluan yang dilakukan pada tanggal 29 September 2017 di Mojopahit Wocare Klinik menyebutkan total pasien yang melakukan rawat luka pada tahun 2017 mulai dari bulan Januari - September sebanyak 103 pasien dan sebanyak 85 pasien menderita penyakit diabetes mellitus dan melakukan rawat luka diabetik. Prevalensi penggunaan terapi ozon dalam melakukan rawat luka diabetik sebanyak 95 % yaitu bulan Januari - September dari 85 orang yang melakukan rawat luka diabetik sebanyak 80 orang menggunakan terapi ozon dengan hasil yang melakukan rawat luka dengan menggunakan terapi ozon mengalami proses penyembuhan luka yang lebih cepat.

Salah satu komplikasi yang sering terjadi pada penderita DM adalah terjadinya luka pada kaki atau ulserasi. Luka kaki diabetik disebabkan karena infeksi, ulcer dan atau kerusakan jaringan lebih dalam serta terkait dengan gangguan neurologis dan vaskuler pada tungkai penderita DM. Kondisi ini akan menyebabkan pemanjangan waktu perawatan, peningkatan biaya perawatan, wrr angka kecacatan, risiko kematian, serta penurunan kualitas hidup. Seorang penderita diabetes akan berisiko mengalami luka pada kaki sebesar 15- 20% dengan tingkat kekambuhan 50- 70% dalam 5 tahun, dimana 85% penderita yang mengalami luka pada kaki akan menjalani amputasi (Dayya et al., 2022).

Pada ulkus diabetikum dapat menyebabkan komplikasi infeksi yang biasanya diakibatkan oleh beberapa bakteri. Bakteri yang paling sering menyebabkan infeksi adalah aerobic gram-positive cocci (khususnya *S aureus*), terkadang juga disebabkan oleh bakteri gram negatif seperti *Pseudomonas aeruginosa* dan *Enterococcus* (Idrees et al., 2024).

Diperlukan terapi pelengkap untuk mempercepat penyembuhan ulkus diabetikum selain antimikroba,. Diantara beberapa terapi pelengkap, ada terapi yang dapat mengontrol terjadinya infeksi yaitu terapi ozon (Astasio-Picado et al., 2023). Ozon yang juga dikenal dengan sebutan tritomikoxigen dan trioxigen memiliki multi efek terhadap penyembuhan luka, kerja terpi ini dengan melepaskan oksigen – oksigen baru yang telah terbukti memiliki kemampuan bakterisidal dan merangsang enzim antioksidan (Anzolin, Da Silveira-Kaross, & Bertol, 2020).

Ozon mengganggu integritas kapsul sel bakteri melalui oksidasi fosfolipid dan lipoprotein (Xue, Macleod, & Blaxland, 2023). Ozon mampu penetrasi kedalam kapsul sel bakteri dan mempengaruhi secara langsung integritas cytoplasmic, sehingga mengganggu beberapa tingkat kompleksitas metabolic (Pinto, Tapia-Rodríguez, Baruzzi, & Ayala-Zavala, 2023).

Pada penelitian tentang efektifitas terapi ozon-oksigen sebagai penanganan Diabetic Foot Ulcer, menyebutkan bahwa pada kelompok eksperimen lukanya lebih cepat menutup dibandingkan dengan kelompok control (Kushmakov et al., 2018). Penelitian lain yang menggunakan terapi ozon untuk ulkus diabetikum menunjukkan hasil reduksi luas area luka yang signifikan pada kelompok eksperimen ( $\pm 0,33$  cm<sup>2</sup>/hari) dibandingkan pada kelompok yang diberikan antibiotik saja ( $\pm 0,01$  cm<sup>2</sup>/hari) (Lima e Silva Filho, Paggiaro, Fernandes de Carvalho, & Gemperli, 2024).

Berdasarkan latar belakang di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian mengenai terapi ozon terhadap luka diabetik dengan judul “Proses Penyembuhan Luka Diabetik Yang Menggunakan Terapi Ozon Pada Pasien Dengan Diabetes Mellitus Di Mojopahit Wocare Clinic Kabupaten Mojokerto“ dengan melakukan observasi terhadap proses penyembuhan luka diabetik yang mendapatkan terapi ozon selama 4 minggu.

## B. METODE PENELITIAN

Desain penelitian yang digunakan ialah studi kasus deskriptif. Penelitian ini mengevaluasi secara mendalam dua unit subjek pasien usia 46 tahun (riwayat diabetes 6 tahun) dan pasien usia 63 tahun (riwayat diabetes 15 tahun) dengan analisis komprehensif terhadap aspek klinis kasus, faktor risiko dan kejadian terkait, serta respons kasus terhadap intervensi terapi ozon sebagai perlakuan komplementer. Unit yang menjadi masalah tersebut secara mendalam akan dianalisis dari segi yang berhubungan dengan kasusnya sendiri, faktor resiko, yang mempengaruhi, kejadian yang berhubungan dengan kasus dan/ atau tindakan dan reaksi dari kasus terhadap suatu perlakuan atau pemaparan tertentu. Analisis dilakukan secara mendalam meskipun yang diteliti dalam kasus tersebut hanya berbentuk unit tunggal. Jenis penelitian menggunakan observasi partisipatif dimana pengamat (observer) benar-benar mengambil bagian dalam kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh sasaran pengamatan (observee), dengan kata lain pengamat (observer) ikut aktif berpartisipasi pada aktivitas dalam kontak sosial yang tengah diselidiki (Hammer, Fletcher, & Hibbert, 2017). Dalam studi kasus ini, peneliti ingin mengetahui perubahan keadaan luka diabetik pada pasien diabetes mellitus yang dilakukan terapi ozon di Mojopahit Wocare Klinik.

Studi kasus ini menggunakan dua klien diabetes mellitus dengan luka diabetik sebagai subjek. Penelitian dilakukan di Mojopahit Wocare Clinic Kampus STIKES Majapahit. Fokus studi kasus pada penelitian ini adalah proses penyembuhan luka

diabetik yang dilakukan terapi ozon pada pasien dengan diabetes mellitus. Parameter pengukuran proses penyembuhan luka diabetik menggunakan lembar pengkajian *Bates-Jensen Wound Assessment Tool* *Bates-Jensen Wound Assessment Tool* (BWAT) yang memiliki 13 komponen pengkajian yaitu : ukuran luka, kedalaman luka, tepi luka, GOA, tipe eksudat, tipe jaringan nekrosis, jumlah eksudat, jaringan yang edema, jumlah jaringan nekrosis, warna kulit sekitar luka, pengerasan jaringan tepi, jaringan granulasi dan epitelisasi.

Data yang terkumpul berupa terapi ozon dan dampak terhadap proses penyembuhan luka diabetik pada pasien diabetes mellitus kemudian di observasi. Observasi keadaan luka dengan menggunakan lembar pengkajian luka diabetik *Bates-Jensen Wound Assessment Tool* *Bates-Jensen Wound Assessment Tool* (BWAT) untuk observasi yang memiliki 13 komponen pengkajian yaitu : ukuran luka, kedalaman luka, jumlah eksudat, tepi luka, jaringan yang edema, GOA, jumlah jaringan nekrosis, tipe jaringan nekrosis, tipe eksudat, pengerasan jaringan tepi, warna kulit sekitar luka, jaringan granulasi dan epitelisasi.

## C. HASIL PENELITIAN

### 1. Gambaran Lingkungan Subjek

Subjek I alamat terletak di kecamatan Trowulan kabupaten Mojokerto merupakan wilayah yang padat penduduk dengan rata-rata penduduknya bekerja sebagai pembuat kerajinan patung dan pembuat batu bata. Kebersihan rumah dalam kategori baik begitupun juga kondisi kebersihan pemukiman dalam kategori bersih. Di daerah tempat tinggal responden tidak ada klinik kesehatan perawatan luka terdekat, hanya ada puskesmas dan rumah sakit yang metode perawatannya menggunakan metode konvensional yaitu perawatan luka dengan cara mencuci luka dan menghilangkan jaringan yang mati. Makanan pokok di sekitar lingkungan pasien adalah beras dan singkong, hal tersebut dapat memicu timbulnya penyakit diabetes mellitus. Keadaan luka subjek 1 sebelum dilakukan intervensi terapi ozon mengalami peradangan yaitu timbul tanda-tanda kemerahan, bengkak, timbul rasa nyeri, timbul rasa panas, luka bau serta menghambat fungsi pergerakan ekstremitas sehingga menyebabkan proses penyembuhan yang membutuhkan waktu lebih lama.

Subjek II alamat terletak di kecamatan Balongbendo kabupaten Sidoarjo merupakan wilayah yang padat penduduk dengan rata-rata penduduknya bekerja sebagai karyawan pabrik. Kebersihan rumah dalam kategori baik namun kondisi kebersihan pemukiman dalam kategori rata-rata kurang karena banyaknya polusi lingkungan dari pabrik disekitar rumah subjek. Di daerah tempat tinggal responden tidak ada klinik kesehatan perawatan luka terdekat, hanya ada puskesmas dan rumah sakit yang metode perawatannya menggunakan metode konvensional yaitu perawatan luka dengan cara mencuci luka dan menghilangkan jaringan yang mati. Makanan pokok di sekitar lingkungan pasien adalah beras, hal tersebut dapat memicu timbulnya penyakit diabetes mellitus. Selain itu keadaan lingkungan sekitar tempat tinggal responden yang kurang bersih juga dapat menyebabkan penyakit diabetes mellitus hingga timbulnya komplikasi luka diabetik. Keadaan luka subjek 2 sebelum dilakukan intervensi terapi ozon sama dengan subjek 1 yaitu mengalami peradangan berupa timbul tanda-tanda kemerahan, bengkak, timbul rasa nyeri, timbul rasa panas, luka bau serta menghambat fungsi pergerakan ekstremitas sehingga menyebabkan

proses penyembuhan yang membutuhkan waktu lebih lama.

## 2. Gambaran Subjek Studi Kasus

Studi kasus ini dipilih dua responden sebagai subjek penelitian Subjek I (Ny.N) dan Subjek II (Ny.L). Kedua subjek studi kasus diberikan penjelasan terkait tujuan dilakukannya penelitian dan SOP terapi ozon. Subjek studi kasus bersedia menandatangani lembar informed consent. Peneliti melakukan kontrak waktu dengan subjek selama 1 bulan. Subjek studi kasus diperkenalkan terapi ozon. Intervensi pemberian terapi ozon dilakukan setiap 2 kali dalam seminggu selama 1 bulan. Selanjutnya peneliti melakukan observasi pengukuran proses penyembuhan luka menggunakan Bates-Jansen Wound Assessment Tool (BWAT) selama satu minggu dua kali setelah dilakukan terapi ozon. Pengukuran BWAT tiap seminggu dua kali sebanyak 8 pertemuan yaitu minggu ke-1 pertemuan ke-1 setelah intervensi, minggu ke-1 pertemuan ke-2 setelah intervensi minggu ke-2 pertemuan ke-3, minggu ke-2 pertemuan ke-4 setelah intervensi setelah intervensi, minggu ke-3 pertemuan ke-5 setelah intervensi, minggu ke-3 pertemuan ke-6 setelah intervensi, minggu ke-4 pertemuan ke-7 setelah intervensi dan minggu ke-4 pertemuan ke-8 setelah intervensi.

**Tabel 1. Tabel Gambaran Subjek Studi Kasus di Klinik Mojopahit Wocare tahun 2018**

Keterangan	Subjek I	Subjek II
Nama (Inisial)	Ny.N	Ny.L
Usia	46 tahun	63 tahun
Alamat	Trowulan-Mojokerto	Balongbendo-Sidoarjo
Pekerjaan	Ibu rumah tangga	Ibu rumah tangga
Pendidikan Terakhir	SMA	Tidak bersekolah
Kadar gula	218 mmol/L	155 mmol/L
Riwayat sakit diabetes	6 tahun yang lalu	15 tahun yang lalu
Riwayat komplikasi luka diabetik	Luka diabetik yang pertama terjadi kurang lebih 1 tahun yang lalu, luka timbul karena subjek tersandung kemudian diobati di klinik Mojopahit lalu sembuh, dan yang kedua terjadi sejak enam bulan yang lalu sampai saat ini, luka terjadi karena awalnya ada penebalan kulit ( kapal ) di telapak kaki subjek kemudian kapal di cabut sendiri oleh subjek dengan di gunting menggunakan potongan kuku dan luka diberi obat tabur, semakin lama banyak timbul luka baru dan luka menyebar hingga ke punggung kaki, dan sejak 6 bulan yang lalu sampai saat ini subjek sedang melakukan rawat luka di klinik mojopahit wocare.	Luka diabetik yang lalu hanya seperti luka kecil kemudian dirawat di puskesmas terdekat lalu sembuh, kemudian terjadi luka lagi awalnya luka di bagian ibu jari melemas seperti kena api dan di bagian punggung kaki ada benjolan seperti luka udun kemudian di bawa ke rumah sakit lalu tiba-tiba di bedah kemudian luka melebar terjadi sejak tanggal 3 september 2017 yang lalu sampai saat ini subjek melakukan rawat luka di klinik mojopahit wocare.
Pengetahuan	Pernah satu kali melakukan terapi	Tidak pernah tahu terapi ozon

tentang terapi ozon untuk proses penyembuhan luka	ozon di klinik mojopahit wocare saat subjek menderita luka diabetik 1 tahun yang lalu, akan tetapi subjek tidak tahu secara jelas tentang terapi ozon.	karena selama ini jika ada luka subjek merawat luka di puskesmas dan rumah sakit terdekat.
Aktivitas sehari-hari	Aktivitas sehari – hari mulai pagi hingga sore hari mengurus kedua anaknya dan melakukan pekerjaan rumah tangga dibantu oleh adiknya . Subjek tidak bisa melakukan aktivitas sehari-harinya secara mandiri dan harus dibantu oleh alat bantu kursi roda karena luka yang ada di kakinya	Aktivitas sehari – hari mulai pagi hingga sore hari membantu anaknya mengurus cucunya dan melakukan pekerjaan rumah tangga. Subjek tidak bisa melakukan aktivitas sehari-harinya secara mandiri dan harus dibantu oleh keluarga karena luka yang ada di kakinya.
Keluhan yang dirasakan terkait luka	Saat melakukan aktivitas terkadang luka yang terdapat di kaki korban terasa nyeri dan panas, selain itu luka juga sering mengeluarkan bau yang tidak enak seperti bau busuk.	Saat melakukan aktivitas terkadang luka yang terdapat di kaki korban terasa nyeri dan panas, selain itu luka juga sering mengeluarkan bau yang tidak enak seperti bau busuk.

Pada tabel 1 diketahui bahwa terdapat perbedaan gambaran antara subjek 1 dan subjek 2 pada jumlah kadar gula dalam tubuh yaitu pada subjek 1 dengan kadar gula 218 mmol/L dan pada subjek 2 dengan kadar gula 155 mmol/L, terdapat persamaan gambaran pada riwayat penyakit diabetes mellitus yaitu antara subjek 1 dan subjek 2 menderita penyakit diabetes mellitus yang menahun dimana subjek 1 sejak 6 tahun yang lalu dan subjek 2 sejak 15 tahun yang lalu, terdapat persamaan gambaran pada riwayat komplikasi luka diabetik yaitu antara subjek 1 dan subjek 2 sebelumnya pernah menderita luka diabetik, serta terdapat persamaan gambaran pada keadaan luka diabetik yaitu antara subjek 1 dan subjek 2 mengalami peradangan pada luka diabetik dengan menunjukkan keluhan luka terasa nyeri, panas, luka bau tidak enak, luka terlihat kemerahan serta mempengaruhi fungsi pergerakan dan aktivitas sehari-hari.

### 3. Pemaparan Fokus Studi Kasus

Kunjungan pertama tanggal 01 Desember 2017 peneliti mendatangi klinik mojopahit wocare untuk melakukan wawancara dan inform consent. Sebelum melakukan wawancara, peneliti memberikan penjelasan maksud dan tujuan dari penelitian. Setelah subjek paham dan mengerti tentang penelitian yang akan dilakukan, kemudian menandatangani lembar inform Consent sebagai tanda bukti bahwa subjek penelitian telah setuju untuk berpartisipasi dalam penelitian. Selanjutnya peneliti melakukan wawancara kepada subjek, mengobservasi perawatan luka dengan terapi tambahan terapi ozon dan mengukur keadaan luka subjek menggunakan *Bates-Jansen Wound Assessment Tool* (BWAT). Subjek juga dikenalkan dengan terapi ozon yang dijadikan terapi nonfarmakologis. Peneliti menginformasikan kepada subjek bahwa terapi ozon dilakukan setelah proses perawatan luka dan dilakukan selama 15 menit. Hasil observasi pada subjek studi kasus sesuai dengan metode penelitian yang telah disusun, observasi proses penyembuhan luka dilakukan tiap minggu sebanyak dua kali selama 8 kali

pertemuan.

**Tabel 2 Tabel Hasil Observasi Proses Penyembuhan Luka Sebelum dan Sesudah Diberikan Terapi Ozon pada Subjek 1 dan Subjek 2 selama 8 kali pertemuan di Klinik Mojopahit Wocare tahun 2018**

No.	Keterangan	Subjek 1 (Ny. N)				Subjek 2 (Ny. L)			
		Sebelum		Sesudah		Sebelum		Sesudah	
		Skor	Keterangan	Skor	Keterangan	Skor	Keterangan	Skor	Keterangan
1.	Ukuran luka	5	11 x 8 = 88 cm	3	6 x 4 = 24 cm	5	20 x 8 = 160 cm	3	10 x 2 = 20 cm
2.	Kedalaman luka	4	Stadium 4	2	Stadium 2	2	Stadium 2	1	Stadium 1
3.	Tepi luka	2	Batas tepi terlihat, menyatukan dasar luka	2	Batas tepi terlihat, menyatukan dasar luka	2	Batas tepi terlihat, menyatukan dasar luka	1	Samar tidak jelas terlihat
4.	GOA (lubang pada luka yang di bawah jaringan sehat)	3	2-4 cm < 50 % pinggir luka	3	2-4 cm < 50 % pinggir luka	1	Tidak ada	1	Tidak ada
5.	Tipe jaringan nekrosis	3	Slough mudah dihilangkan	1	Tidak ada	1	Tidak ada	1	Tidak ada
6.	Jumlah jaringan nekrosis	2	< 25 % dari dasar luka	1	Tidak tampak	1	Tidak tampak	1	Tidak tampak
7.	Tipe eksudate	5	Purulent	1	Tidak ada	2	Bloody	1	Tidak ada
8.	Jumlah eksudat	5	Banyak	1	Kering	5	Banyak	1	Kering
9.	Warna kulit sekitar luka	5	Hitam atau hyperpigmentasi	3	Putih atau pucat atau hipopigmentasi	3	Putih atau pucat atau hipopigmentasi	1	Pink atau normal
10.	Jaringan yang edema	1	No swelling atau edema	1	No swelling atau edema	1	No swelling atau edema	1	No swelling atau edema
11.	Pengerasan jaringan tepi	1	Tidak ada	1	Tidak ada	1	Tidak ada	1	Tidak ada
12.	Jaringan granulasi	3	Terang 50 % jaringan granulasi	2	Terang 100 % jaringan granulasi	3	Terang 100 % jaringan granulasi	1	Kulit utuh atau stage 1
13.	Epitelisasi	5	< 25 % epitelisasi	4	25 % - 50 % epitelisasi	5	< 25 % epitelisasi	2	75 % - 100 % epitelisasi
<b>TOTAL SKOR</b>		<b>44</b>		<b>25</b>		<b>31</b>		<b>16</b>	

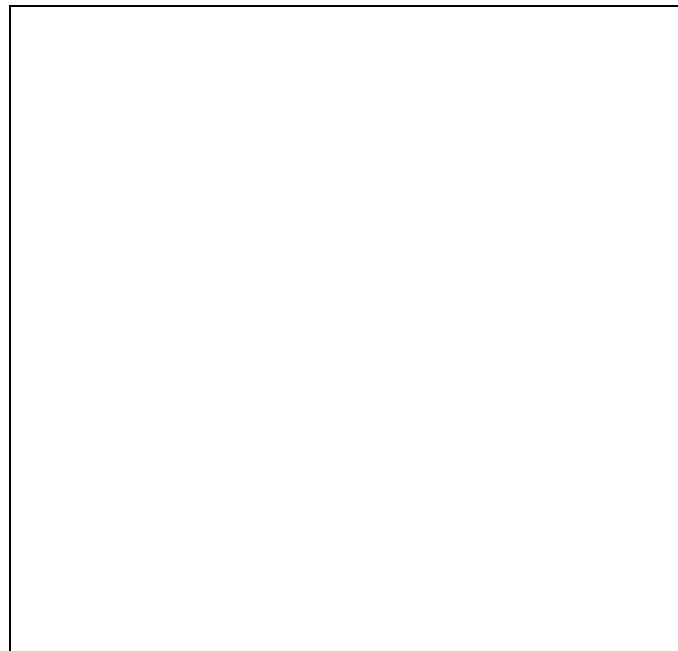
Sebelum di lakukan terapi ozon bahwa perkembangan proses penyembuhan luka di lihat dari lembar pengkajian BWAT menunjukkan keadaan luka tidak mengalami proses penyembuhan secara maksimal karena didapatkan total skor yaitu 44. Setelah di lakukan terapi ozon dapat di lihat bahwa subjek 1 mengalami penurunan total skor yaitu menjadi 25. Pada proses penyembuhan luka, proses penyembuhan terjadi secara maksimal setelah di lakukan terapi ozon hal ini dapat menunjukkan bahwa proses penyembuhan luka dalam kategori luka beregenerasi. Pada subjek 2 di dapatkan hasil sebelum di lakukan terapi ozon bahwa perkembangan proses penyembuhan luka di lihat dari lembar pengkajian BWAT menunjukkan keadaan luka tidak mengalami proses penyembuhan secara maksimal karena didapatkan total skor yaitu 31. Setelah di lakukan terapi ozon dapat di lihat bahwa subjek 1 mengalami penurunan total skor yaitu menjadi 16 . Pada proses penyembuhan luka, proses penyembuhan terjadi secara maksimal setelah di lakukan terapi ozon hal ini dapat menunjukkan bahwa proses penyembuhan luka dalam kategori luka beregenerasi. Akan tetapi, walaupun total skor dari kedua subjek mengalami penurunan, subjek 2 mempunyai total skor yang lebih sedikit daripada subjek 1 karena dilihat dari keadaan luka awal pada subjek 2 luka dalam kategori stadium dua sedangkan keadaan luka pada subjek 1 luka dalam kategori stadium 4.

**Tabel 3 Tabel Waktu Penyembuhan Luka Setelah Diberikan Terapi Ozon pada Subjek 1 dan Subjek 2 selama 8 kali pertemuan di Klinik Mojopahit Wocare**

Minggu Ke	Observasi	Subjek 1 (Ny. N)			Subjek 2 (Ny. L)		
		Tanggal Observasi	Total Skor	Kategori	Tanggal Observasi	Total Skor	Kategori
1	1	Jum'at 01 Desember 2017	44	<i>Wound Regeneration</i>	Senin 11 Desember 2017	31	<i>Wound Regeneration</i>
	2	Senin 04 Desember 2017	43	<i>Wound Regeneration</i>	Jum'at 15 Desember 2017	30	<i>Wound Regeneration</i>
2	3	Jum'at 08 Desember 2017	35	<i>Wound Regeneration</i>	Senin 18 Desember 2017	28	<i>Wound Regeneration</i>
	4	Senin 11 Desember 2017	34	<i>Wound Regeneration</i>	Jum'at 22 Desember 2017	25	<i>Wound Regeneration</i>
3	5	Jum'at 15 Desember 2017	34	<i>Wound Regeneration</i>	Selasa 26 Desember 2017	23	<i>Wound Regeneration</i>
	6	Senin 18 Desember 2017	30	<i>Wound Regeneration</i>	Jum'at 29 Desember 2017	20	<i>Wound Regeneration</i>
4	7	Jum'at 22 Desember 2017	28	<i>Wound Regeneration</i>	Selasa 02 Januari 2018	17	<i>Wound Regeneration</i>
	8	Selasa 26 Desember	25	<i>Wound Regeneration</i>	Jum'at 05 Januari 2018	16	<i>Wound Regeneration</i>

Minggu Ke	Observasi	Subjek 1 (Ny. N)			Subjek 2 (Ny. L)		
		Tanggal Observasi	Total Skor	Kategori	Tanggal Observasi	Total Skor	Kategori
		2017					
		Waktu penyembuhan luka : $44 \times 12$ $\frac{\quad\quad\quad}{55}$ = 9,6 = 10 minggu			Waktu penyembuhan luka : $31 \times 12$ $\frac{\quad\quad\quad}{55}$ = 6,7 = 7 minggu		

Berdasarkan tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada subjek 1 di dapatkan hasil keadaan luka yaitu kategori luka beregenerasi, sehingga dari kategori tersebut didapatkan perkiraan waktu proses penyembuhan luka adalah selama 10 minggu. pada subjek 2 di dapatkan hasil keadaan luka yaitu kategori luka beregenerasi, sehingga dari kategori tersebut didapatkan perkiraan waktu proses penyembuhan luka adalah selama 7 minggu. Akan tetapi, walaupun keadaan luk dari kedua subjek beregenerasi, subjek 2 mempunyai waktu penyembuhan luka yang lebih singkat daripada subjek 1 karena dilihat dari keadaan luka awal pada subjek 2 luka dalam kategori stadium dua sedangkan keadaan luka pada subjek 1 luka dalam kategori stadium empat.



**Grafik 4.1 Grafik Perkembangan Penyembuhan Luka Setelah Diberikan Terapi Ozon pada Subjek 1 dan Subjek 2 selama 8 kali pertemuan di Klinik Mojopahit Wocare**

Berdasarkan grafik 1 dapat dilihat bahwa baik subjek 1 maupun subjek 2 perkembangan proses penyembuhan luka mengalami penurunan skor dari pertemuan 1 hingga pertemuan 8, dimana hal tersebut menunjukkan luka dalam kategori wound generation atau luka beregenerasi.

## D. PEMBAHASAN

Berikut pembahasan hasil studi kasus tentang proses penyembuhan luka diabetik setelah diberikan terapi tambahan terapi ozon.

### 1. Sebelum Dilakukan Terapi Ozon

Menurut hasil observasi, pada Subjek I (Ny.N) berusia 46 tahun menderita penyakit diabetes mellitus sejak 6 tahun yang lalu dengan kadar gula di atas normal yaitu 218 mmol/L dan mengalami komplikasi luka diabetik sejak satu tahun yang lalu dengan keadaan luka dimana awal terbentuknya yaitu terjadi pada daerah tekanan plantar yang tinggi, subjek mengeluh rasa sakit panas dan timbul bengkak pada luka, dan timbul adanya kapalan atau kalus pada pinggir luka . Pada Subjek II (Ny.L) berusia 63 tahun menderita penyakit diabetes mellitus sejak 15 tahun yang lalu dengan kadar gula di atas normal yaitu 155 mmol/L dan mengalami komplikasi luka diabetik sejak beberapa tahun yang lalu dengan menunjukkan keadaan luka dimana awal terbentuknya luka yaitu pada ibu jari, subjek mengeluh rasa sakit panas dan timbul bengkak pada luka akan tetapi sekarang tidak terasa apa-apa. Diabetes mellitus merupakan suatu penyakit menahun yang ditandai oleh kadar gula darah melebihi normal dan gangguan metabolisme karbohidrat, lemak dan protein yang disebabkan oleh kekurangan hormon insulin secara relatif maupun absolut (Goyal et al., 2023). Bila hal ini dibiarkan tidak terkendali dapat terjadi komplikasi metabolik akut maupun komplikasi vaskuler jangka panjang, baik mikroangiopati maupun makroangiopati. Proses terjadinya luka neuropati terjadi pada daerah yang memiliki tekanan plantar yang tinggi (kepala metatarsal, bagian plantar dari jempol, tumit), penderita tidak merasakan sakit, kecuali bila ada komplikasi seperti infeksi, terbentuk kapalan/kalus pada pinggir luka, umumnya memiliki dasar berwarna merah dengan penampakan jaringan granulasi yang merah, neuropati perifer, temperatur kaki normal atau hangat (Sutkowska, Sutkowski, Sokołowski, Franek, & Dragan, 2019). Sehingga dapat disimpulkan bahwa Subjek I dan Subjek II mengalami komplikasi diabetes mellitus yaitu ulkus diabetikum. Menurut peneliti diabetes mellitus merupakan penyakit menahun yang ditandai oleh kadar gula darah melebihi normal yang disebabkan oleh kekurangan hormon insulin. Apabila masalah ini dibiarkan tidak terkendali maka dapat terjadi komplikasi dalam jangka waktu yang panjang. Salah satu masalah yang ditimbulkan dari keadaan tersebut adalah timbulnya luka diabetik yang dapat menyebabkan resiko tinggi terjadinya infeksi (Boulton & Whitehouse, 2023).

Menurut hasil observasi pada subjek I (Ny. N) mengeluh rasa nyeri, rasa panas, timbulnya bengkak pada daerah sekitar luka dan aktivitas sehari-hari dengan dibantu oleh kursi roda karena penurunan fungsi gerak pada ekstremitas bawah . Begitupun pada subjek II (Ny. L) juga mengeluh rasa nyeri, rasa panas, timbul bengkak pada daerah sekitar luka, serta aktivitas sehari-hari dengan dibantu keluarga karena penurunan fungsi gerak pada ekstremitas bawah. Hal ini didukung oleh teori bahwa kondisi diabetes mellitus fase inflamasi (peradangan) menjadi memanjang sehingga terdapat gangguan pada migrasi dari sel epitel dipermukaan kulit, dan juga gangguan pembentukan jaringan granulasi. Hal tersebut dapat menyebabkan proses penyembuhan luka yang lebih lama (Mieczkowski, Mrozikiewicz-Rakowska, Kowara, Kleibert, & Czupryniak, 2022). Sehingga dapat disimpulkan bahwa Subjek I dan Subjek II mengalami keadaan luka diabetik yang buruk yaitu terjadinya

peradangan dan infeksi pada luka yang diderita. Menurut peneliti keadaan luka yang buruk seperti timbulnya tanda-tanda peradangan pada luka dapat mempengaruhi proses penyembuhan luka karena hal tersebut dapat mengakibatkan timbulnya proses granulasi yang lama.

## **2. Setelah Diberikan Terapi Ozon**

Hasil observasi setelah dilakukan intervensi yaitu perawatan luka diabetik dengan menggunakan terapi tambahan terapi ozon sebanyak delapan kali pertemuan selama satu bulan kepada subjek I (Ny.N), peradangan pada luka mulai mengalami penurunan sehingga proses penyembuhan luka terjadi lebih cepat dimana luka lebih cepat menutup dan luka mengalami regenerasi secara baik dengan reduksi luas area luka pada subjek kurang lebih 2,13 cm<sup>2</sup>/hari dengan perkiraan waktu proses penyembuhan pada luka selama 10 minggu. Begitu juga kepada subjek II (Ny.L) setelah dilakukan intervensi yaitu perawatan luka diabetik dengan menggunakan terapi tambahan terapi ozon sebanyak delapan kali pertemuan selama satu bulan juga mengalami penurunan peradangan pada luka sehingga proses penyembuhan luka terjadi lebih cepat dimana luka lebih cepat menutup dan luka mengalami regenerasi secara baik dengan reduksi luas area luka pada subjek kurang lebih 4,67 cm<sup>2</sup>/hari dengan perkiraan waktu proses penyembuhan pada luka selama 7 minggu. Hal tersebut di dukung oleh teori bahwa ozon mampu mengoksidasi berbagai jenis bakteri, spora, jamur, ragi, dan bahan organik lainnya (Maqbool et al., 2024). Disamping itu ozon juga dapat memperbaiki distribusi oksigen dan pelepasan growth factor yang bermanfaat dalam mempercepat penyembuhan luka (Xue et al., 2023).

Hal tersebut juga di dukung dengan paper efektivitas terapi ozon pada pasien diabetic foot, dimana hasil dari penelitiannya menunjukkan reduksi luas area luka yang signifikan pada kelompok eksperimen ( $\pm 0,33$  cm<sup>2</sup>/hari) dibandingkan pada kelompok yang diberikan antibiotik saja ( $\pm 0,01$  cm<sup>2</sup>/hari) (Astasio-Picado et al., 2023). Dengan demikian menurut peneliti baik Subjek I (Ny. N) maupun subjek II (Ny. L) mendapatkan manfaat terapi ozon dilihat dari proses penyembuhan luka dengan waktu yang lebih cepat. Menurut peneliti baik subjek 1 maupun subjek 2 mendapatkan manfaat dari terapi ozon, karena terapi ozon mempunyai kemampuan untuk membunuh bakteri-bakteri pada luka serta melepaskan oksigen-oksigen yang baru sehingga dapat mengurangi bahkan menghilangkan terjadinya infeksi pada luka, dengan begitu proses penyembuhan luka akan lebih cepat.

## **3. Perbedaan Antara Subjek 1 dan Subjek 2 Setelah Diberikan Terapi Ozon**

Menurut hasil observasi, pada subjek 1 (Ny. N) dan subjek 2 (Ny. L) setelah diberikan terapi ozon didapatkan adanya perbedaan pada waktu proses penyembuhan luka, dimana subjek 2 lebih cepat waktu proses penyembuhan lukanya daripada subjek 1. Pada subjek 1 (Ny. N) dengan keadaan luka dalam kategori luka mengalami regenerasi waktu proses penyembuhan lukanya adalah 10 minggu, sedangkan pada subjek 2 (Ny. L) dengan keadaan luka dalam kategori luka juga mengalami regenerasi waktu proses penyembuhan lukanya adalah 7 minggu. Keadaan tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor yang mendukung, antara lain kadar gula dalam tubuh kedua subjek mengalami perbedaan dimana pada Subjek 1 kadar gula dalam tubuh lebih tinggi daripada subjek 2, yaitu subjek 1 kadar gulanya adalah 218 mmol/L sedangkan pada subjek 2 kadar gulanya adalah 155 mmol/L. Selain itu keadaan awal luka juga sangat mempengaruhi waktu proses penyembuhan luka

dimana subjek 1 keadaan luka lebih buruk daripada subjek 2, yaitu pada subjek 1 keadaan luka dalam kategori stadium 4 luka gangren yang terlokalisir ( gangren dari jari-jari atau bagian depan kaki/forefoot ), sedangkan pada subjek 2 keadaan luka dalam kategori stadium 2 luka sampai pada tendon atau lapisan subkutan yang lebih dalam, namun tidak sampai pada tulang. Hal itu didukung oleh teori bahwa faktor resiko luka DM diantaranya adalah neuropati perifer, durasi diabetes lebih dari 10 tahun, deformitas kaki, penyakit vaskular perifer, merokok, keadaan luka sebelumnya, amputasi, kontrol gula darah yang buruk, faktor nutrisi, dan genetic (Bodman, Dreyer, & Varacallo, 2024). Menurut peneliti perbedaan waktu proses penyembuhan luka diantara kedua subjek sesuai dengan keadaan dan kondisi yang terjadi antara kedua subjek yaitu pada kontrol gula darah yang memburuk serta keadaan luka yang sebelumnya.

#### 4. Keterbatasan Studi Kasus

- a. Involusi uterus pada ibu post Terdapat persamaan pada riwayat penyakit diabetes mellitus yaitu antara subjek 1 dan subjek 2 menderita penyakit diabetes mellitus yang menahun dimana subjek 1 sejak 6 tahun yang lalu dan subjek 2 sejak 15 tahun yang lalu.
- b. Terdapat perbedaan proses perkembangan luka setelah dilakukan terapi ozon selama 1 bulan yaitu perkembangan keadaan luka antara subjek 1 dan subjek 2 mengalami perbedaan di waktu lamanya proses penyembuhan luka, dimana subjek 1 lebih lama proses penyembuhan luka nya daripada subjek 2. Hal tersebut dipengaruhi oleh salah satu faktor pendukung tingginya kadar gula dalam darah, yaitu pada subjek 1 dengan kadar gula 218 mmol/L dan pada subjek 2 dengan kadar gula 155 mmol/L.

#### E. PENUTUP

Berdasarkan studi kasus deskriptif yang dilakukan di Klinik Mojopahit WoCare, terapi ozon (frekuensi 2x/minggu selama 4 minggu) pada dua pasien luka diabetik menunjukkan penurunan tanda peradangan (nyeri, panas, dan edema) serta percepatan proses penyembuhan dan regenerasi jaringan; pada Subjek I (46 thn, riwayat DM 6 thn) terjadi reduksi luas luka  $\sim 1,43 \text{ cm}^2/\text{hari}$  dengan estimasi penyembuhan lengkap 10 minggu, sedangkan pada Subjek II (63 thn, riwayat DM 15 thn) reduksi  $4,67 \text{ cm}^2/\text{hari}$  dengan estimasi 7 minggu hasil ini mengindikasikan bahwa terapi ozon berpotensi menjadi adjuvan efektif untuk memperbaiki outcome luka diabetik, meskipun temuan terbatas pada dua kasus sehingga diperlukan studi komparatif dengan sampel lebih besar untuk mengonfirmasi efektivitas dan keamanan.

Sebaiknya menjaga keadaan luka agar tetap bersih dan menjaga kadar gula agar tetap dalam batas normal serta melakukan perawatan luka dengan terapi tambahan terapi ozon sampai luka sembuh dan timbul jaringan yang sehat pada bagian tubuh yang terdapat luka. Bagi peneliti yang ingin melanjutkan penelitian ini sebaiknya menggunakan alternatif upaya terapi ozon dengan metode lain untuk dapat memberikan hasil yang maksimal dalam meningkatkan proses penyembuhan luka diabetik serta menggunakan banyak responden untuk meningkatkan hasil yang maksimal. Terapi ozon dapat digalakkan secara rutin dan menjadi suatu anjuran terapi tambahan utama khususnya bagi penderita diabetes dengan komplikasi luka diabetik, hal ini dapat digunakan sebagai

alternatif perawatan yang tepat dan cepat terhadap proses penyembuhan luka diabetik pada pasien dengan diabetes mellitus.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Akkus, G., & Sert, M. (2022). Diabetic foot ulcers: A devastating complication of diabetes mellitus continues non-stop in spite of new medical treatment modalities. *World Journal of Diabetes, 13*(12), 1106. <https://doi.org/10.4239/WJD.V13.I12.1106>
- Anzolin, A., Da Silveira-Kaross, N., & Bertol, C. (2020). Ozonated oil in wound healing: what has already been proven? *Medical Gas Research, 10*(1), 54. <https://doi.org/10.4103/2045-9912.279985>
- Astasio-Picado, Á., Babiano, A. Á., López-Sánchez, M., Lozano, R. R., Cobos-Moreno, P., & Gómez-Martín, B. (2023). Use of Ozone Therapy in Diabetic Foot Ulcers. *Journal of Personalized Medicine, 13*(10), 1439. <https://doi.org/10.3390/JPM13101439>
- Bodman, M. A., Dreyer, M. A., & Varacallo, M. A. (2024). Diabetic Peripheral Neuropathy. *The Diabetes Textbook: Clinical Principles, Patient Management and Public Health Issues, Second Edition, 923–937*. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-25519-9\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-031-25519-9_56)
- Boulton, A. J. M., & Whitehouse, R. W. (2023). The Diabetic Foot. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28121117/>. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK409609/>
- Chawla, A., Chawla, R., & Jaggi, S. (2016). Microvascular and macrovascular complications in diabetes mellitus: Distinct or continuum? *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism, 20*(4), 546. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.183480>
- Dayya, D., O'Neill, O. J., Huedo-Medina, T. B., Habib, N., Moore, J., & Iyer, K. (2022). Debridement of Diabetic Foot Ulcers. *Advances in Wound Care, 11*(12), 666. <https://doi.org/10.1089/WOUND.2021.0016>
- Goyal, R., Singhal, M., & Jialal, I. (2023). *Type 2 Diabetes*. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK513253/>
- Hammer, B., Fletcher, F., & Hibbert, A. (2017). Participant observation: Enhancing the impact measurement in community based participatory research. *Qualitative Report, 22*(2), 439–455. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2017.2553>
- Hossain, M. J., Al-Mamun, M., & Islam, M. R. (2024). Diabetes mellitus, the fastest growing global public health concern: Early detection should be focused. *Health Science Reports, 7*(3), e2004. <https://doi.org/10.1002/HSR2.2004>
- Idrees, M., Khan, I., Ullah, A., Shah, S. M. M., Ullah, H., Khan, M. A., ... Nadeem, T. (2024). Bacterial spectrum from diabetic foot Ulcers: A study of antibiotic resistance patterns and phylogenetic diversity. *Journal of King Saud University - Science, 36*(8), 103320. <https://doi.org/10.1016/J.JKSUS.2024.103320>
- Kushmakov, R., Gandhi, J., Seyam, O., Jiang, W., Joshi, G., Smith, N. L., & Khan, S. A. (2018). Ozone therapy for diabetic foot. *Medical Gas Research, 8*(3), 111. <https://doi.org/10.4103/2045-9912.241076>
- Lima e Silva Filho, M., Paggiaro, A. O., Fernandes de Carvalho, V., & Gemperli, R. (2024). Ozone therapy as a treatment for diabetic foot ulcers: a systematic review and meta-

- analysis. *Journal of Wound Care*, 33(12), 958–967. <https://doi.org/10.12968/JOWC.2022.0189>
- Maqbool, N., Dar, A. H., Kumar Dash, K., Srivastava, S., Pandey, V. K., Shams, R., ... Manzoor, S. (2024). Ozonation effects on structural and functional characteristics of starch. *Future Foods*, 9, 100334. <https://doi.org/10.1016/J.FUFO.2024.100334>
- Ma'rifah, A. (2018). *Original Research Japanese Ants (Tenebrio Molitor) Stabilize Blood Sugar Levels For Diabetics: The Current Issue Of Herbal Medicine In Indonesia*. Retrieved from <http://ijnms.net/index.php/ijnms>
- McDermott, K., Fang, M., Boulton, A. J. M., Selvin, E., & Hicks, C. W. (2022). Etiology, Epidemiology, and Disparities in the Burden of Diabetic Foot Ulcers. *Diabetes Care*, 46(1), 209. <https://doi.org/10.2337/DCI22-0043>
- Meriyansyah, M., Darmawansyah, D., & Fauzi, Y. (2024). A Correlation Between Education And Family Support With Regular Control Of Blood Sugar Levels In Diabetes Mellitus Patients At Hasanudin Damrah Manna Hospital. *Journal of International Public Health*, 2(2), 39–42. <https://doi.org/10.37676/JIPH.V2I2.5752>
- Mieczkowski, M., Mrozkiewicz-Rakowska, B., Kowara, M., Kleibert, M., & Czupryniak, L. (2022). The Problem of Wound Healing in Diabetes—From Molecular Pathways to the Design of an Animal Model. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(14), 7930. <https://doi.org/10.3390/IJMS23147930>
- Nurjanah, M. H., Wijaya, A. F., Meri, M., Tilarso, D. P., & Siswidiani, M. D. (2023). The Relationship between HbA1c and Glucosuria in Diabetes Mellitus (DM) Patients. *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 6(2), 84–88. <https://doi.org/10.21070/medicra.v6i2.1727>
- Pemayun, T. G. D., & Naibaho, R. M. (2017). Clinical profile and outcome of diabetic foot ulcer, a view from tertiary care hospital in Semarang, Indonesia. *Diabetic Foot & Ankle*, 8(1), 1312974. <https://doi.org/10.1080/2000625X.2017.1312974>
- Pinto, L., Tapia-Rodríguez, M. R., Baruzzi, F., & Ayala-Zavala, J. F. (2023). Plant Antimicrobials for Food Quality and Safety: Recent Views and Future Challenges. *Foods*, 12(12), 2315. <https://doi.org/10.3390/FOODS12122315>
- Soewondo, P., Ferrario, A., & Tahapary, D. L. (2013). Challenges in diabetes management in Indonesia: a literature review. *Globalization and Health*, 9(1), 63. <https://doi.org/10.1186/1744-8603-9-63>
- Sutkowska, E., Sutkowski, K., Sokołowski, M., Franek, E., & Dragan, S. (2019). Distribution of the Highest Plantar Pressure Regions in Patients with Diabetes and Its Association with Peripheral Neuropathy, Gender, Age, and BMI: One Centre Study. *Journal of Diabetes Research*, 2019, 7395769. <https://doi.org/10.1155/2019/7395769>
- Xue, W., Macleod, J., & Blaxland, J. (2023). The Use of Ozone Technology to Control Microorganism Growth, Enhance Food Safety and Extend Shelf Life: A Promising Food Decontamination Technology. *Foods*, 12(4), 814. <https://doi.org/10.3390/FOODS12040814>