Original Research

HEALTH INFORMATION : JURNAL PENELITIAN (HIJP)

Pengaruh Kompres *Polyhexamethylene Biguanide* terhadap Biofilm pada Ulkus Diabetikum Fase Proliferasi

The Effect of Polyhexamethylene Biguanide Compress on Biofilm in Diabetic Ulcers During the Proliferative Phase

Miranti Lestari[1], Husni[2]*, Hendri Heriyanto[3], Mardiani[4], Sahran[5], Idramsyah[6]

[1,2,3,4,5,6] Jurusan Keperawatan, Poltekkes Kemenkes Bengkulu; Indonesia
*Korespondensi e-mail: husni@poltekkesbengkulu.ac.id

Kata kunci: Ulkus Diabetikum, Biofilm, Polyhexamethylene Biguanide, Perawatan Luka.

Keywords: *Diabetic Foot Ulcer, Biofilm, Polyhexamethylene Biguanide, Wound Care.*

Poltekkes Kemenkes Kendari, Indonesia
ISSN : 2085-0840
ISSN-e : 2622-5905
Periodicity: Bianual vol. 18 no. 2 2026
jurnaldanhakcipta@poltekkes-kdi.ac.id
Received : 16 Desember 2025
Accepted : 09 Agustus 2026

Funding source: -
DOI : 10.36990/hijp.v18i2.1850
URL : https://myjurnal.poltekkes-kdi.ac.id/index.php/hijp
Contract number: -

Ringkasan: Latar belakang: Biofilm merupakan salah satu faktor utama yang menghambat penyembuhan ulkus diabetikum dan meningkatkan risiko infeksi kronis. *Polyhexamethylene biguanide* (PHMB) diketahui memiliki aktivitas antibiofilm yang potensial dalam perawatan luka modern. **Tujuan:** Menganalisis pengaruh kompres PHMB terhadap biofilm pada ulkus diabetikum di Klinik Alfacare Center Kota Bengkulu. **Metode:** Penelitian kuantitatif dengan desain *quasi-experiment* menggunakan *pretest–posttest with control group*. Sampel berjumlah 44 responden yang dibagi menjadi kelompok intervensi (n=22) dan kelompok kontrol (n=22) melalui teknik *purposive sampling*. Biofilm diukur menggunakan lembar observasi biofilm tervalidasi. Analisis data menggunakan uji Wilcoxon dan Mann–Whitney. **Hasil:** Rerata skor biofilm kelompok intervensi turun dari 6,86±0,94 menjadi 2,41±0,50, dan kelompok kontrol dari 7,27±0,83 menjadi 4,45±0,90. Penurunan signifikan pada kedua kelompok (p=0,0001; p=0,001), dan uji Mann–Whitney menunjukkan kompres PHMB berpengaruh signifikan (p=0,001). **Kesimpulan:** Kompres PHMB berpengaruh signifikan dalam menurunkan biofilm pada ulkus diabetikum fase proliferasi. **Saran:** PHMB dapat direkomendasikan sebagai bagian dari perawatan luka modern untuk pengendalian biofilm pada ulkus diabetikum.

Abstract: Background: *Biofilm is a major factor that delays healing and increases infection risk in diabetic foot ulcers.* Polyhexamethylene biguanide *(PHMB) has demonstrated potential antibiofilm activity in modern wound care. Objective: To analyze the effect of PHMB compresses on biofilm in diabetic foot ulcers during the proliferative phase at Alfacare Center Clinic, Bengkulu.* ***Methods:*** *A quasi-experimental study with a pretest–posttest control group design was conducted on 44 respondents (22 intervention, 22 control) selected using purposive sampling. Biofilm was assessed using a validated observation sheet. Data were*

analyzed using Wilcoxon and Mann–Whitney tests. ***Results:*** *Mean biofilm scores in the intervention group decreased from 6.86±0.94 to 2.41±0.50, while the control group decreased from 7.27±0.83 to 4.45±0.90. Significant differences were observed before and after treatment in both groups (p=0,0001 for intervention, and p=0,001 for control group). Mann–Whitney analysis showed a significant effect of PHMB compresses on biofilm reduction (p=0.001).* ***Conclusion:*** *PHMB compresses significantly reduce biofilm in diabetic foot ulcers.* ***Suggestion:*** *PHMB should be considered in modern wound care protocols for diabetic foot ulcers.*

PENDAHULUAN

Diabetes Mellitus (DM) merupakan penyakit kronis yang ditandai dengan meningkatnya kadar glukosa dalam darah akibat gangguan produksi insulin, kerja insulin, atau keduanya. Penyakit ini menjadi masalah kesehatan global karena jumlah penderitanya terus meningkat dari tahun ke tahun, termasuk di Indonesia (Tantri, 2025). World Health Organization melaporkan bahwa sekitar 830 juta orang di dunia hidup dengan diabetes dan hampir juta kematian setiap tahunnya disebabkan oleh penyakit ini (WHO, 2026). Faktor-faktor yang berperan dalam meningkatnya kejadian diabetes antara lain faktor genetik, pola hidup tidak sehat, kurangnya aktivitas fisik, dan obesitas (Najafi, 2024).

Di Indonesia, jumlah penderita DM diperkirakan akan mencapai 28,6 juta jiwa pada tahun 2045. Data Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2023 menunjukkan adanya peningkatan prevalensi DM dibandingkan tahun 2018, yaitu dari 1,5% menjadi 1,7% pada semua kelompok usia dan dari 2,0% menjadi 2,2% pada penduduk usia ≥15 tahun. Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa insiden ulkus diabetikum lebih tinggi pada kelompok usia lanjut (Jannah, 2021; Nisak,2024;Alimurdianis et al., 2024). Secara fisiologis, penuaan berkaitan dengan penurunan elastisitas pembuluh darah, gangguan perfusi jaringan perifer, penurunan kapasitas regenerasi sel, serta peningkatan kejadian neuropati perifer yang menyebabkan berkurangnya sensasi protektif pada ekstremitas bawah sehingga meningkatkan risiko cedera tidak disadari dan memperburuk progresivitas luka (Rahmawati,2022).

Selain itu, berdasarkan data Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, prevalensi DM menurut diagnosis dokter pada tahun 2023 tercatat sebesar 1,7% (Kemenkes, 2023). Laki-laki cenderung lebih rentan terhadap komplikasi ulkus diabetikum karena paparan faktor risiko seperti merokok, aktivitas fisik berat, serta kontrol glikemik yang kurang optimal yang dapat mempercepat kerusakan vaskular perifer(Katherine, 2023). Faktor perilaku dalam memperburuk kondisi ulkus diabetikum melalui mekanisme vasokonstriksi, hipoksia jaringan, hipoksia jaringan, peningkatan stres oksidatif, penurunan respons imun, serta peningkatan pembentukan biofilm yang menghambat proses penyembuhan luka (Hidayatillah, 2020). Penurunan kadar estrogen Pada perempuan berkontribusi terhadap disfungsi endotel, penurunan elastisitas pembuluh darah, peningkatan resistensi insulin, serta perlambatan proses penyembuhan luka, sehingga memperbesar risiko terjadinya ulkus diabetikum (Doggen, 2023).

Salah satu komplikasi serius dari diabetes mellitus adalah ulkus diabetikum, yaitu luka kronis yang terjadi akibat kerusakan saraf (neuropati) dan gangguan aliran darah perifer. Ulkus diabetikum sering sulit sembuh dan berisiko tinggi mengalami infeksi, amputasi, bahkan kematian. Faktor utama dalam patogenesis ulkus diabetikum lebih didominasi oleh gangguan vaskular dan neuropati akibat diabetes melitus dibandingkan status gizi semata (Zamaun et al., 2024) . Secara global, prevalensi ulkus diabetikum tertinggi terdapat di Amerika Utara sebesar 13%, sedangkan di Asia mencapai 5,5%.

Penyandang DM memiliki risiko amputasi 15–46 kali lebih tinggi dibandingkan individu tanpa diabetes, dengan angka kematian pasca amputasi sebesar 15,89% (Ahn, 2024).

Di Kota Bengkulu, pemahaman masyarakat mengenai perawatan luka modern masih tergolong rendah, sehingga sebagian besar fasilitas kesehatan masih menggunakan metode perawatan luka konvensional (Idramsyah & Novira, 2023). Perawatan luka sangat penting untuk membantu proses penyembuhan, mencegah infeksi, dan mengurangi risiko komplikasi. Luka yang dirawat dengan benar dapat sembuh lebih cepat, mengurangi nyeri serta meningkatkan kenyamanan dan kualitas hidup pasien (Sun et al., 2023). Perawatan luka yang tepat berperan penting dalam membantu mencegah terbentuknya jaringan mati dan mempercepat pertumbuhan jaringan baru. Secara teoritis, proses ini berlandaskan pada konsep Wound Bed Preparation (WBP) berbasis kerangka TIME (Tissue, Infection/Inflammation, Moisture, Edge) yang menegaskan bahwa kontrol infeksi dan eliminasi jaringan mati merupakan prasyarat mutlak sebelum sintesis matriks ekstraseluler dapat berlangsung (Sibbald et al., 2021).

Klinik Alfacare Center Bengkulu mencatat peningkatan kasus ulkus diabetikum yang konsisten, dari 276 pasien (2023) menjadi 304 pasien (2024), dengan 119 kasus baru tercatat hanya dalam lima bulan pertama 2025. Tren ini mengonfirmasi bahwa ulkus diabetikum tetap menjadi beban kesehatan signifikan di Kota Bengkulu dan menuntut strategi perawatan luka yang lebih efektif. Berdasarkan kerangka Wound Bed Preparation (WBP), kegagalan penyembuhan luka kronis umumnya bersumber dari terhambatnya fase infeksi/inflamasi akibat persistensi biofilm, yang mempertahankan kondisi inflamasi kronis dan menekan proliferasi seluler.

Matriks biofilm yang kompleks berfungsi sebagai pelindung mikroba terhadap respons imun dan antibiotik konvensional, sehingga menyebabkan infeksi menjadi persisten dan sulit dieradikasi (Shen et al., 2025). Polyhexamethylene Biguanide (PHMB) muncul sebagai agen antibiofilm potensial karena kemampuannya merusak membran sel mikroba melalui interaksi elektrostatik antara gugus biguanida kationik dengan fosfolipid membran bakteri yang bermuatan negatif, sehingga menyebabkan destabilisasi dan permeabilisasi membran. Pada konsentrasi 0,02%, PHMB dilaporkan mampu menghancurkan hingga 80% biofilm Pseudomonas aeruginosa sekaligus mendukung proses penyembuhan luka (Hidayat et al., 2024); Zhang et al., 2024). Sejumlah penelitian juga menunjukkan efektivitas PHMB dalam mempercepat penyembuhan ulkus diabetikum dan menurunkan biofilm secara signifikan.

Meskipun Polyhexamethylene Biguanide telah terbukti efektif dalam perawatan luka kronis, penelitian yang secara khusus menilai pengaruh kompres Polyhexamethylene Biguanide terhadap biofilm pada ulkus diabetikum masih terbatas. Berdasarkan penelusuran literatur dalam beberapa tahun terakhir, sebagian besar publikasi terkait biofilm pada ulkus diabetikum masih didominasi oleh studi in vitro dan ulasan teoritis. Hanya sebagian kecil penelitian yang melakukan uji klinis serta eksplorasi mekanistik secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa penelitian mengenai efektivitas antibiofilm pada ulkus diabetikum masih belum berkembang secara optimal, khususnya yang menggunakan intervensi kompres PHMB pada fase proliferasi penyembuhan luka.

Proliferasi merupakan waktu terbaik bagi pembentukan jaringan baru yang sangat rentan gagal jika terganggu oleh biofilm dan dapat menggagalkan proses penutupan luka. Fase inflamasi dan remodeling sulit diintervensi karena proses peradangan atau respon imun masih dominan, sementara fase remodeling biofilm sudah matang dan jaringan terlanjur terbentuk. Penggunaan kompres PHMB pada fase proliferasi sangat strategis untuk mencegah kegagalan granulasi. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas kompres PHMB sebagai agen antibiofilm terhadap percepatan pembentukan jaringan granulasi sehingga mempercepat penyembuhan luka.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *quasi-experiment* dengan pendekatan *pretest–posttest with control group* yang bertujuan untuk menilai pengaruh kompres polyhexamethylene biguanide terhadap biofilm pada luka ulkus diabetikum. Desain ini dipilih karena tidak memungkinkan dilakukannya randomisasi secara penuh terhadap subjek penelitian, mengingat kondisi klinis pasien, etika pelayanan kesehatan, serta keterbatasan dalam pengaturan distribusi pasien di fasilitas pelayanan kesehatan yang sudah berjalan.

Selain itu, penggunaan *Randomized Controlled Trial* (RCT) tidak dapat dilakukan karena pertimbangan etis dalam memberikan intervensi yang berbeda pada pasien dengan kondisi luka yang membutuhkan penanganan segera, serta keterbatasan kontrol terhadap faktor klinis dan operasional di lapangan. Oleh karena itu, desain *quasi-experiment* dianggap paling sesuai untuk tetap memperoleh validitas ilmiah yang baik dengan tetap mempertahankan kondisi alami pelayanan pasien di klinik.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Klinik Alfacare Center, Kota Bengkulu, pada tanggal 1 September hingga 31 Oktober 2025 dan telah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Poltekkes Kemenkes Bengkulu dengan nomor surat No. KEPK.BKL/667/08/2025.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh pasien dengan ulkus diabetikum yang menjalani perawatan di klinik Alfacare Center sebanyak 315 orang pada tahun 2025. Perhitungan besar sampel menggunakan rumus uji beda dua mean Lemeshow (α=0,05; power 80%; effect size 0,60) menghasilkan sampel minimal 44 responden yang dipilih secara purposive (Wang & Ji, 2020). Subjek dialokasikan ke kelompok intervensi (kompres PHMB 0,02%) dan kelompok kontrol (ozonisasi 60 μg/mL) berdasarkan bukti efek antibiofilm ozon melalui oksidasi struktur biofilm dan dinding sel bakteri (Hayder et al., 2020).

Kedua kelompok menjalani delapan sesi intervensi selama empat minggu (dua kali/minggu) sesuai protokol klinik untuk menjamin konsistensi dan replikabilitas. Kriteria inklusi meliputi kesediaan berpartisipasi, ulkus derajat II–IV, dan fase proliferasi luka; kriteria eksklusi meliputi kondisi umum tidak stabil, komorbid berat, terapi sistemik yang memengaruhi hasil, serta ketidaklengkapan mengikuti intervensi.

Pengumpulan Sampel

Pengambilan sampel diawali dengan pencucian luka menggunakan larutan NaCI 0,9% untuk membersihkan permukaan luka. Setelah luka dalam kondisi bersih, dilakukan pengukuran awal skor biofilm sebagai tahap pretest menggunakan lembar observasi biofilm. Selanjutnya, pada kelompok intervensi diberikan kompres polyhexamethylene biguanide sesuai prosedur yang telah ditetapkan. Setelah tindakan selesai, dilakukan pengukuran kembali skor biofilm sebagai posttest menggunakan lembar observasi biofilm yang sama guna mengetahui perubahan kondisi biofilm setelah intervensi.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi larutan NaCl 0,9% dan sabun pencuci luka sebagai sarana pembersihan luka, polyhexamethylene biguanide sebagai bahan utama intervensi, alat ozonisasi sebagai kontrol. Seluruh peralatan dan bahan tersebut digunakan secara terstandar sesuai dengan prosedur penelitian yang telah ditetapkan.

Penilaian biofilm dilakukan menggunakan lembar observasi yang diadaptasi dari kriteria klinis Biofilm Assessment Tool (BAT) Percival dan Mayer 2021 yang dimodifikasi dan dilakukan oleh peneliti serta perawat luka berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan pada instrumen. Penilaian dilakukan secara bersamaan pada waktu yang sama sehingga hasil observasi dapat dibandingkan apabila terdapat perbedaan penilaian (Haryanto; Parliani; Yeni Lukita, 2020).

Instrumen ini menilai beberapa aspek biofilm, yaitu warna, luas pada permukaan luka, ketebalan dan jumlah eksudat. Setiap aspek diberi skor sesuai dengan kriteria penilaian, kemudian dijumlahkan menjadi skor total dengan rentang 0-8, di mana skor yang lebih tinggi menunjukkan kondisi biofilm yang lebih berat, sedangkan skor yang lebih rendah menunjukkan berkurangnya biofilm atau perbaikan luka.

Pengelolaan dan Analisis Data

Analisis bivariat dalam penelitian ini menggunakan uji Wilcoxon Signed Rank Test untuk membandingkan kondisi sebelum dan sesudah perlakuan dalam masing-masing kelompok, serta uji Mann–Whitney U Test untuk mengetahui perbedaan antar kelompok intervensi dan kontrol. Pemilihan uji statistik non-parametrik ini didasarkan pada hasil uji normalitas data menggunakan uji Shapiro–Wilk yang menunjukkan bahwa data tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$), sehingga asumsi penggunaan uji parametrik seperti paired t-test dan independent t-test tidak terpenuhi. Oleh karena itu, digunakan uji non-parametrik yang lebih sesuai untuk data dengan distribusi tidak normal. Tingkat signifikansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\alpha = 0,05$.

HASIL

Tabel 1. Distribusi Frekuensi Responden Berdasarkan Karakteristik di Klinik Alfacare Center Kota Bengkulu Tahun 2025

Variabel	Mean/n (%)	Min-Max	SD	CI 95%	P Value
Usia					
Intervensi	53,68	39-79	10,082	49,21-58,15	0,317
Kontrol	53,68	43-78	9,554	52,45-60,92	
Jenis kelamin					
Intervensi					
Laki-laki	14(63,6%)				
Perempuan	8(36,4%)				0,226
Kontrol					
Laki -Laki	10(45,5%)				
Perempuan	12(54,4%)				
Kadar Glukosa Darah Sewaktu					
Intervensi	220,36	152-390	57,106	195,04-245,68	
Kontrol	215,32	130-348	54,234	191,27-239,26	0,860
Lama DM					
Intervensi	3,91	1-10	2,07	2,99-4,83	0,284
Kontrol	4,45	1-9	2,02	3,56-5,35	
Indeks Massa Tubuh (IMT)					
Intervensi					
Kurus(<18,5)	0				
Normal(>18,8-25,5)	16(72,7%)				
Gemuk (>25-27)	6(27,3%)				
Obesitas (>27)	0				0,050

Kontrol		
Kurus(<18,5)	0	
Normal(>18,825,5)	14(63,6%)	
Gemuk (>25-27)	1(4,5%)	
Obesitas (>27)	7(31,8%)	
Kebiasaan Merokok		
Intervensi		
Tidak	1 (4,5%)	
Ringan	9 (40,9%)	
Sedang	8 (36,4%)	0,065
Berat	4 (18,2%)	
Kontrol		
Tidak	1 (45,5%)	
Ringan	11 (50,0%)	
Sedang	8 (36,4%)	
Berat	2 (9,1%)	

Berdasarkan tabel 1 pada kelompok intervensi didapatkan usia rerata 53.68 tahun (SD 10.082), rerata kadar glukosa darah 220.36 mg/dl (SD 57.106), rerata lama DM 3.91Tahun (SD 2.068), hampir sebagian besar (63.6%) berjenis kelamin laki-laki, sebesar (72.7%) dari responden normal ,sebagian besar (40.0%) responden tidak memiliki kebiasaan merokok mulai dari ringan, sedang, hingga berat. Pada kelompok kontrol rerata usia 56.88 tahun (SD 9.554), kadar glukosa darah rerata 215.32 mg/dl (SD 54.234), rerata lama DM 4.45 tahun (SD 2.017), sebagian besar (54.4%) berjenis kelamin perempuan, hampir sebagian besar responden normal (63,6%), hampir sebagian besar (59.1%) responden tidak memiliki kebiasaan merokok dari ringan hingga sedang. Hasil uji kesetaraan untuk variabel usia, jenis kelamin, IMT, kadar glukosa darah, lama DM dan kebiasaan merokok antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol menunjukkan nilai p>0,05 menunjukkan bahwa semua variabel tersebut setara antara kedua kelompok.

Tabel 2. Gambaran Biofilm sebelum dan setelah dilakukan kompres *Polyhexamethylene Biguanide* Pada Responden Ulkus Diabetikum

Variabel	Mean	Min-Max	SD	CI For Mean 95%
Sebelum perlakuan				
Intervensi	6.86	5-8	0.941	6.45-7.28
Kontrol	7.27	6-8	0.827	6.91-7.64
Sesudah perlakuan				
Intervensi	2.41	2-3	0.503	2.19-2.63
Kontrol	4,45	3-6	0.903	4.03-4.88

Tabel 2 menunjukkan adanya penurunan rata-rata skor biofilm setelah perlakuan, baik pada kelompok intervensi maupun kelompok kontrol. Pada kelompok intervensi, rata-rata skor biofilm sebelum perlakuan sebesar 6,86 (SD=0,941; CI=6,45–7,28) dan menurun menjadi 2,41 (SD=0,503; CI=2,19–2,63) setelah perlakuan, dengan selisih penurunan sebesar 4,45 poin. Sementara itu, pada kelompok kontrol, rata-rata skor biofilm sebelum perlakuan sebesar 7,27 (SD=0,827; CI=6,91–7,64) dan menurun menjadi 4,45 (SD=0,903; CI=4,03–4,88) setelah perlakuan, dengan selisih penurunan sebesar 2,82 poin. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa terdapat penurunan rata-rata skor biofilm pada kedua kelompok, namun penurunan lebih besar terjadi pada kelompok intervensi dibandingkan kelompok control.

Tabel 3. Perbedaaan Rata-rata Skor Masing- masing kelompok Intervensi Dan Kelompok Kontrol

Variabel	Median (Min - Max)	Z	P Value
Kelompok Intervensi (Nilai Biofilm)			
Pre	7.00 (5-8)	-4.158	0,000*
Post	2.00 (2-3)		*
Kelompok Kontrol (Nilai Biofilm)			
Pre	7.50 (6-8)	-4.143	0,001*
Post	4.50 (3-6)		*

Ada perbedaan yang ditunjukkan pada Tabel 3, dimana hasil uji statistik Wilcoxon Signed Rank Test menunjukkan nilai p value sebesar 0,0001 pada kelompok intervensi dan 0,001 pada kelompok kontrol ($p \leq 0,05$). Median nilai biofilm pada kelompok intervensi sebelum perlakuan adalah 7,00 dan menurun menjadi 2,00 setelah perlakuan.

Sementara itu, pada kelompok kontrol median nilai biofilm sebelum perlakuan adalah 7,50 dan menurun menjadi 4,50 setelah perlakuan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pengaruh pemberian PHMB lebih significant pada kelompok intervensi dibanding kelompok kontrol.

Tabel 4. Pengaruh Kompres Polyhexamethylene Biguanide terhadap Biofilm Pada Ulkus Diabetikum

Nilai Biofilm	Median (Min – Max)	U P Value
Intervensi	2.00 (2-3)	70.000
Kontrol	4.50 (3-6)	0,001

Tabel 4 menunjukkan median nilai biofilm pada kelompok intervensi setelah perlakuan sebesar 2,00 (rentang 2–3), lebih rendah dibandingkan kelompok kontrol yang memiliki median 4,50 (rentang 3–6). Uji statistik Mann-Whitney menghasilkan nilai U sebesar 70,000 dengan p value 0,001 ($p \leq 0,05$), yang menunjukkan terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara skor biofilm kelompok intervensi dan kelompok kontrol setelah perlakuan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemberian kompres PHMB memberikan pengaruh yang signifikan dalam menurunkan skor biofilm pada pasien ulkus diabetikum dibandingkan dengan kelompok kontrol yang hanya menerima perawatan standar (ozonisasi).

PEMBAHASAN

Karakteristik responden menunjukkan bahwa sebagian besar responden berada pada kelompok usia lanjut, berjenis kelamin laki-laki, memiliki lama menderita diabetes yang cukup panjang, serta sebagian besar memiliki riwayat merokok. Karakteristik tersebut dapat memengaruhi kondisi luka dan pembentukan biofilm karena berkaitan dengan penurunan sirkulasi, respons imun, dan proses penyembuhan luka. Namun, karena karakteristik responden pada kelompok intervensi dan kontrol relatif homogen, perbedaan penurunan biofilm yang diperoleh lebih mencerminkan pengaruh intervensi yang diberikan daripada perbedaan karakteristik responden.

Gambaran Biofilm Sebelum dan Setelah Perlakuan pada Kelompok Intervensi dan Kontrol

Penurunan biofilm yang lebih nyata pada kelompok intervensi menunjukkan bahwa kompres polyhexamethylene biguanide memberikan efek klinis yang lebih efektif dibandingkan kelompok kontrol dalam mengendalikan biofilm pada ulkus diabetikum. Temuan ini secara langsung mengindikasikan bahwa PHMB memiliki peran signifikan dalam menurunkan stabilitas biofilm pada lingkungan luka kronis. Secara biologis, PHMB bekerja dengan merusak integritas membran sel mikroorganisme serta mengganggu matriks ekstraseluler biofilm, sehingga menyebabkan disrupsi struktur biofilm, penurunan viabilitas bakteri, dan peningkatan kerentanan mikroorganisme terhadap eliminasi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan studi eksperimental dan klinis dengan desain yang sebanding (quasi-experiment dan RCT) yang melaporkan bahwa penggunaan PHMB efektif dalam menghambat dan merusak biofilm pada berbagai patogen penyebab luka kronis (Zheng et al., 2021). Dibandingkan dengan kelompok kontrol, meskipun terdapat perbaikan biofilm, efek yang dihasilkan relatif lebih kecil, yang menunjukkan bahwa terapi tanpa agen antibiofilm spesifik kurang optimal dalam mengatasi biofilm yang telah terbentuk. Hasil ini juga konsisten dengan penelitian Davis yang menunjukkan bahwa larutan pembersih luka berbasis PHMB memiliki aktivitas antibiofilm terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*, baik pada model in vitro maupun klinis, serta berkontribusi terhadap percepatan penyembuhan luka melalui penghambatan pembentukan biofilm. (Davis et al., 2025).

Secara klinis, temuan ini menegaskan bahwa biofilm memerlukan pendekatan terapi yang secara langsung menargetkan struktur dan stabilitasnya, bukan hanya pengendalian infeksi secara umum. Keberhasilan penurunan biofilm pada kelompok intervensi menunjukkan bahwa PHMB dapat menjadi salah satu opsi terapi adjuvan dalam perawatan luka ulkus diabetikum, terutama pada fase proliferasi ketika regenerasi jaringan sangat bergantung pada lingkungan luka yang bersih dari biofilm (Davis et al., 2025).

Terkait karakteristik responden, faktor usia, jenis kelamin, dan indeks massa tubuh (IMT) berpotensi menjadi faktor perancu (*confounding*) yang dapat memengaruhi respons terhadap penurunan biofilm. Usia lanjut berkaitan dengan penurunan perfusi jaringan dan imunitas, sedangkan jenis kelamin dan status metabolik dapat memengaruhi respon inflamasi serta proses penyembuhan luka (Doggen, 2023). Namun, pengaruh faktor-faktor tersebut dalam penelitian ini telah diminimalkan melalui kesesuaian kriteria inklusi dan distribusi karakteristik antar kelompok.

Implikasi penelitian ini terhadap praktik klinis adalah bahwa penggunaan kompres PHMB dapat dipertimbangkan sebagai bagian dari standar perawatan luka modern pada ulkus diabetikum di Indonesia, khususnya dalam strategi pengendalian biofilm yang selama ini menjadi hambatan utama penyembuhan luka kronis (International Wound Infection Institute, 2020). Selain itu, hasil penelitian ini membuka peluang pengembangan standar prosedur operasional (SPO) perawatan luka berbasis antibiofilm serta menegaskan perlunya penelitian lanjutan dengan desain *Randomized Controlled Trial* dan ukuran sampel yang lebih besar untuk memperkuat bukti klinis (Sun et al., 2023).

Perbedaan Rata-rata Skor Biofilm antara Kelompok Intervensi dan Kelompok Kontrol

Perbedaan bermakna antara kelompok intervensi dan kelompok kontrol menunjukkan bahwa kompres PHMB memberikan efek yang lebih unggul dibandingkan metode perawatan standar dalam pengendalian biofilm pada ulkus diabetikum. Temuan ini secara langsung mengindikasikan bahwa PHMB memiliki efektivitas klinis yang lebih baik dalam menurunkan biofilm, yang tercermin dari perbedaan hasil antar kelompok dalam desain *quasi-experiment* ini. Secara ilmiah, keunggulan tersebut berkaitan dengan aktivitas antimikroba spektrum luas PHMB serta kemampuannya dalam mengganggu struktur matriks ekstraseluler biofilm yang melindungi mikroorganisme dari efek terapi konvensional. Dengan demikian, disrupsi biofilm yang terjadi memungkinkan penurunan viabilitas bakteri dan menciptakan lingkungan luka yang lebih kondusif untuk penyembuhan. Temuan ini sejalan dengan studi klinis dan *quasi-experiment* sebelumnya yang menunjukkan bahwa PHMB lebih efektif dibandingkan perawatan standar dalam menciptakan kondisi luka yang bersih dan mendukung proses

penyembuhan yang melaporkan bahwa PHMB menciptakan kondisi luka yang lebih bersih dan mendukung proses penyembuhan (Alves et al., 2021).

Perbedaan efek antara kelompok intervensi dan kontrol juga dapat dijelaskan dari aspek metode dan durasi aplikasi intervensi. Penggunaan kompres PHMB dengan kontak langsung dan waktu pajanan yang adekuat memungkinkan penetrasi agen antibiofilm secara lebih optimal ke dalam jaringan biofilm dibandingkan perawatan standar, sehingga menghasilkan disrupsi struktur biofilm yang lebih signifikan. Hal ini sejalan dengan temuan yang melaporkan bahwa efektivitas agen antiseptik sangat dipengaruhi oleh durasi kontak, konsentrasi, serta kemampuan penetrasi ke dalam matriks biofilm pada luka kronis. Dengan demikian, perbedaan hasil antar kelompok dalam penelitian ini tidak hanya dipengaruhi oleh jenis agen, tetapi juga oleh mekanisme aplikasi yang mendukung efektivitas PHMB dalam kondisi klinis nyata (Rippon et al., 2023).

Pengaruh Kompres Polyhexamethylene Biguanide terhadap Biofilm pada Ulkus Diabetikum

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian kompres PHMB 0,02% berpengaruh terhadap penurunan biofilm pada luka ulkus diabetikum. Penurunan skor biofilm pada kelompok intervensi lebih besar dibandingkan kelompok kontrol, yang menunjukkan bahwa PHMB efektif dalam membantu mengurangi biofilm pada permukaan luka. Efektivitas PHMB berkaitan dengan kemampuannya sebagai agen antimikroba yang bekerja dengan merusak membran sel mikroorganisme, sehingga menghambat kolonisasi bakteri dan pembentukan biofilm. Berkurangnya biofilm akan mempermudah proses pembersihan luka, menurunkan jumlah mikroorganisme pada dasar luka, serta menciptakan lingkungan yang lebih optimal untuk proses penyembuhan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa PHMB efektif dalam mengendalikan biofilm dan bioburden pada luka kronis sehingga mendukung proses penyembuhan luka. Selain pengendalian biofilm, penggunaan Polyhexamethylene Biguanide dalam penelitian ini juga berkaitan dengan perbaikan kondisi luka secara umum, seperti penurunan eksudat dan peningkatan pembentukan jaringan granulasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian biofilm berperan penting dalam menciptakan lingkungan luka yang lebih kondusif untuk proses penyembuhan, khususnya pada fase proliferasi. Dengan demikian, strategi pengendalian biofilm dapat dipandang sebagai komponen kunci dalam manajemen ulkus diabetikum untuk mempercepat penyembuhan dan menurunkan risiko infeksi berulang (Armi et al., 2023)

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian didapatkan bahwa uji Wilcoxon menunjukkan ada pengaruh pemberian *polyhexamethylene biguanide* (PHMB) pada kelompok intervensi (p=0,0001) dan kelompok kontrol (p=0,001). Penurunan skor biofilm pada kelompok intervensi lebih besar (5 poin) dibanding kelompok kontrol (3 poin) sebelum dan sesudah pemberian PHMB. Uji Mann whitney menunjukkan bahwa kompres PHMB lebih significant (p=0,001) dalam menurunkan biofilm dibandingkan kelompok kontrol (terapi ozon). Penelitian ini memiliki keterbatasan yaitu keterbatasan randomisasi, potensi bias seleksi pada purposive sampling, tidak adanya follow-up jangka panjang, dan faktor perancu yang tidak dikontrol. Peneliti menyarankan untuk peneliti selanjutnya dapat menggunakan sampel yang lebih banyak.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan kompres *polyhexamethylene biguanide* (PHMB) direkomendasikan bagi tenaga kesehatan sebagai bagian dari perawatan luka modern pada ulkus diabetikum yang disertai biofilm karena terbukti efektif menurunkan skor biofilm. Institusi pelayanan kesehatan, khususnya klinik perawatan luka, disarankan untuk mengintegrasikan PHMB dalam standar operasional prosedur perawatan luka serta meningkatkan kompetensi tenaga kesehatan melalui pelatihan berbasis bukti ilmiah. Selain itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan desain *randomized controlled trial* dengan jumlah sampel lebih besar dan periode observasi lebih panjang guna mengevaluasi efektivitas PHMB terhadap parameter penyembuhan luka lainnya. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan kebijakan dan pedoman perawatan ulkus diabetikum.

PERNYATAAN

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Bengkulu dan pimpinan klinik Alfacare Center Kota Bengkulu atas dukungan dan fasilitas yang diberikan, serta kepada seluruh responden yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

Pendanaan

Pendanaan pada penelitian ini di danai secara mandiri oleh penulis.

Kontribusi Setiap Penulis

Miranti Lestari berperan dalam perancangan penelitian, pengumpulan dan analisis data, serta penulisan naskah. Husni berkontribusi dalam supervisi dan penelaahan metodologi. Hendri Heriyanto berkontribusi dalam penelaahan hasil, validasi analisis, serta penyempurnaan pembahasan dan kesimpulan. Seluruh penulis telah menyetujui naskah akhir.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahn. (2024). The Efficacy of Polyhexamethylene Biguanide (PHMB) with Negative Pressure Wound Therapy in Open Diabetic Foot Amputation. *Foot & Ankle Orthopaedics*, *9*(4). https://doi.org/10.1177/2473011424S00530

Alimurdianis, Brisma, S., Faiza Zubir, A., Zulkarnaini, A., & Anissa, M. (2024). Gambaran Penderita Ulkus Diabetikum yang Menjalani Tindakan Operasi. *Scientific Journal*, *3*(4), 232–240. https://doi.org/10.56260/sciena.v3i4.151

Alves, P. J., Barreto, R. T., Barrois, B. M., Gryson, L. G., Meaume, S., & Monstrey, S. J. (2021). Update on the role of antiseptics in the management of chronic wounds with critical colonisation and/or biofilm. *International Wound Journal*, *18*(3), 342–358. https://doi.org/10.1111/iwj.13537

Armi, A., Fitriani, D., Sartika, M., Setiawan, Y., Keperawatan Padjadjaran, J., Studi Sarjana Keperawatan, P., Medika Suherman, U., Raya Indus-tri Pasir Gombong Jababeka Cikarang Bekasi, J.,

& Java, W. (2023). The effectiveness of wound caring technique with polyhexamethylene biguanide and dialkyl carbamoyl chloride to healing process duration of diabetic foot ulcer patient OPEN ACCESS. *Jurnal Keperawatan Padjadjaran*, *11*(1), 18–24. https://doi.org/10.24198/jkp

Davis, S. C. (2025). *Protection with a collagen wound matrix containing polyhexamethylene biguanide supports innate wound healing in biofilm-infected porcine wounds. March*, 1–13. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/wrr.70025

Davis, S. C., Avery, J. T., Gil, J., Solis, M. R., Jozic, I., Kimmerling, K. A., & Mowry, K. C. (2025). Protection with a collagen wound matrix containing polyhexamethylene biguanide supports innate wound healing in biofilm-infected porcine wounds. *Wound Repair and Regeneration*, *33*(2), 1–13. https://doi.org/10.1111/wrr.70025

Doggen. (2023). *Sex differences in diabetic foot ulcer severity and outcome in Belgium. 258*, 1–13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0281886

Haryanto; Parliani; Yeni Lukita. (2020). Uji inter-rater reliability , sensitivitas dan spesifitas alat. *Media.Neliti.Com*, *3*(2), 395–402. https://repo.stikmuhptk.ac.id/jspui/handle/123456789/46%0Ahttps://repo.stikmuhptk.ac.id/jspui/bitstream/123456789/46/1/ArtikelAbidmas.pdf%0Ahttps://media.neliti.com/media/publications/421967-none-58886340.pdf

Hidayat, R., Naziyah, & Sembiring, T. (2024). *Analisis Asuhan keperawatan pada Biofilm di luka kaki pada Ny.N dan Ny.I dengan penggunaan PHMB sebagai cairan pencuci luka di klinik wocare center bogor. 7*(1), 111–139.

Hidayatillah, shofia A. (2020). *Hubungan Status Merokok dengan Kejadian Ulkus Diabetikum pada Laki-Laki Penderita Diabetes Melitus. 5*(1), 32–37.

Idramsyah, I., & Novira, D. (2023). Studi Fenomenologi Persepsi Pasien dan Keluarga tentang Luka Kaki Diabetes Phenomenological Study of Patient and Family Perceptions of Diabetic Foot Wounds. *Health Information: Jurnal Penelitian*, *15*(3). https://doi.org/https://doi.org/10.36990/hijp.v15i3.970

Jannah. (2021). *Profil Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 Dengan Ulkus Kaki Diabetik di RSUP Dr . M.Djamil Padang Tahun 2020-2021*.

Katherine. (2023). *Etiology,Epidemiology,And Disparities In The Burden Of Diabetic Foot Ulcers. 46*(1), 209–221.

Kemenkes. (2023). Survei Kesehatan Indonesia 2023 (SKI). *Kemenkes*, 235.

Najafi. (2024). The Incidence of diabetes mellitus and its determining factors in a Kurdish population : insights from a coThe ihort study in western Iran. *Scientific Reports*, 1–11. https://doi.org/10.1038/s41598-024-66795-3

Nisak, R. (2024). Lama Sakit dan Dukungan Keluarga Terhadap Self Care Behaviour (Perilaku Perawatan Diri) Pada Penderita Hipertensi. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, *6*(5474), 3063–3072.

Rahmawati, I. (2022). *Faktor- faktor Yang Mempengaruhi Terjadinya Ulkus Kaki Diabetik Pada Diabetes Melitus Tipe 2*. 117–125.

Rippon, M., Rogers, A. A., Westgate, S., & Ousey, K. (2023). Effectiveness of a polyhexamethylene biguanide-containing wound cleansing solution using experimental biofilm models. *Journal of Wound Care*, *32*(6), 359–367. https://doi.org/10.12968/jowc.2023.32.6.359

Shen, A. Z., Taha, M., Ghannoum, M., & Tyring, S. K. (2025). Biofilms and Chronic Wounds: Pathogenesis and Treatment Options. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(21), 1–13. https://doi.org/10.3390/jcm14217784

Sibbald, R. G., Elliott, J. A., Persaud-Jaimangal, R., Goodman, L., Armstrong, D. G., Harley, C., Coelho, S., Xi, N., Evans, R., Mayer, D. O., Zhao, X., Heil, J., Kotru, B., Delmore, B., Leblanc, K., Ayello, E. A., Smart, H., Tariq, G., Alavi, A., & Somayaji, R. (2021). Wound Bed Preparation. *Advances in Skin and Wound Care*, *34*(4), 183–195. https://doi.org/10.1097/01.ASW.0000733724.87630.d6

Sun, C.-Z., He, D.-J., Cao, S.-H., & Hua-Qi, Y. (2023). Effects of evidence-based care on diabetic foot ulcers A meta-analysis.pdf. *International Wound Journal*. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/iwj.14403

Tantri. (2025). *Peran Madu Sebagai Terapi utama Penyembuhan Ulkus Diabetik Pada Lansia : Studi Kasus*.

Wang, X., & Ji, X. (2020). Sample Size Estimation in Clinical Research: From Randomized Controlled Trials to Observational Studies. *Chest*, *158*(1), S12–S20. https://doi.org/10.1016/j.chest.2020.03.010

WHO. (2026). *Prevention and control of diabetes mellitus:Lessons for service delivery from countries in the WHO South-East Asia Region*. Regional Office for South-East Asia.Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Zamaun, N., Kanang, I. L. D., Imran, M., Iskandar, D., Erik, & Amba, G. (2024). Karakteristik Penderita Ulkus kaki Diabetik. *Fakum Medical Journal*, *4*(4).

Zhang, Y., Cai, Y., Zhang, B., & Zhang, Y. H. P. J. (2024). Spatially structured exchange of metabolites enhances bacterial survival and resilience in biofilms. *Nature Communications* , *15*(1). https://doi.org/10.1038/s41467-024-51940-3

Zheng, Y., Wang, D., & Ma, L. Z. (2021). Effect of polyhexamethylene biguanide in combination with undecylenamidopropyl betaine or PSLG on biofilm clearance. *International Journal of Molecular Sciences*, *22*(2), 1–12. https://doi.org/10.3390/ijms22020768