



Hubungan Leukosit Preoperatif Dengan Lama Penyembuhan Luka Kulit Pada Fraktur Terbuka Ekstremitas Bawah : Implikasi Terhadap Debridement

Shabrina Amalia Salsabila^{1*}, Prima Maharani Putri¹, Paramita Septianawati¹, Yusuf Adi Gunawan¹

¹Fakultas Kedokteran, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

Korespondensi penulis: shabrinasalsa02@gmail.com

Abstract : Open lower extremity fractures are often associated with extensive soft tissue injury, contamination, and systemic inflammatory responses that may affect postoperative wound healing. Debridement plays a key role in removing devitalized tissue and reducing inflammatory burden. Preoperative leukocyte levels reflect the degree of inflammation and may indicate wound condition. This study aimed to determine the relationship between preoperative leukocyte levels and postoperative wound healing duration and to evaluate their clinical implication in the context of debridement. This observational analytic study used a cross-sectional design involving 84 patients with open lower extremity fractures selected using purposive sampling. Data were obtained from medical records and analyzed using Spearman correlation. The results showed a moderate positive correlation between preoperative leukocyte levels and wound healing duration ($r = 0.514$; $p < 0.05$). Higher leukocyte levels were associated with longer wound healing time. In conclusion, preoperative leukocyte levels are significantly associated with wound healing duration and may serve as an early clinical indicator to optimize debridement strategies in open fracture management.

Keywords : Open fractures; leukocyte; wound healing; lower extremity; inflammation.

Abstrak. Fraktur terbuka ekstremitas bawah sering disertai kerusakan jaringan lunak, kontaminasi, serta respon inflamasi sistemik yang dapat mempengaruhi penyembuhan luka. Debridement merupakan tindakan utama untuk mengangkat jaringan devitalisasi dan menurunkan beban inflamasi. Nilai leukosit preoperatif mencerminkan derajat inflamasi dan berpotensi menggambarkan kondisi luka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan nilai leukosit preoperatif dengan lama penyembuhan luka serta mengevaluasi implikasinya terhadap tindakan debridement. Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan cross sectional pada 84 pasien fraktur terbuka ekstremitas bawah yang dipilih secara purposive sampling. Data diperoleh dari rekam medis dan dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman. Hasil penelitian menunjukkan terdapat korelasi positif dengan kekuatan sedang antara nilai leukosit preoperatif dan lama penyembuhan luka ($r = 0,514$; $p < 0,05$). Semakin tinggi nilai leukosit, semakin lama waktu penyembuhan luka. Kesimpulan penelitian ini adalah nilai leukosit preoperatif berhubungan signifikan dengan lama penyembuhan luka dan dapat digunakan sebagai indikator klinis awal dalam optimalisasi tindakan debridement.

Kata Kunci : Ekstremitas bawah; Fraktur terbuka; Inflamasi; Leukosit; Penyembuhan luka.

1. LATAR BELAKANG

Fraktur terbuka merupakan cedera muskuloskeletal dengan morbiditas tinggi karena berisiko menyebabkan infeksi dan gangguan penyembuhan luka. Insiden fraktur terbuka secara global diperkirakan mencapai 11,5 kasus per 100.000 populasi per tahun, dengan sebagian besar terjadi pada ekstremitas bawah (Wu et al., 2021).

Proses penyembuhan luka pada fraktur terbuka sangat dipengaruhi oleh respon inflamasi sistemik. Leukosit berperan dalam fase inflamasi melalui eliminasi mikroorganisme dan pembersihan jaringan nekrotik. Namun, peningkatan leukosit yang berlebihan dapat

mencerminkan inflamasi yang berkepanjangan dan berhubungan dengan keterlambatan penyembuhan luka serta risiko infeksi pasca operasi (Zhao et al., 2024; Johan et al., 2024).

Pada fraktur terbuka, keberadaan jaringan devitalisasi dan kontaminasi menjadi sumber inflamasi yang persisten. Oleh karena itu, tindakan debridement menjadi intervensi utama untuk mengangkat jaringan nekrotik dan menurunkan beban inflamasi. Debridement yang tidak adekuat dapat menyebabkan inflamasi berkepanjangan, meningkatkan risiko infeksi, serta memperlambat penyembuhan luka (Minehara et al., 2024; Lourtet-Hascoët et al., 2025).

Nilai leukosit preoperatif tidak hanya mencerminkan respon inflamasi sistemik, tetapi juga berpotensi menggambarkan kondisi jaringan luka serta kebutuhan tindakan debridement. Namun, penelitian yang mengaitkan leukosit preoperatif dengan penyembuhan luka dalam konteks debridement pada fraktur terbuka masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis hubungan nilai leukosit preoperatif dengan lama penyembuhan luka serta mengevaluasi implikasi klinisnya terhadap optimalisasi tindakan debridement pada pasien fraktur terbuka ekstremitas bawah.

2. KAJIAN TEORITIS

Penyembuhan Luka (*wound healing*)

Penyembuhan luka merupakan proses biologis yang melibatkan fase inflamasi, proliferasi, dan remodeling yang berlangsung secara terkoordinasi untuk memulihkan integritas jaringan. Pada fase inflamasi, leukosit berperan dalam eliminasi mikroorganisme dan pembersihan jaringan nekrotik. Namun, inflamasi yang berlebihan atau berkepanjangan dapat menghambat transisi ke fase proliferasi sehingga memperlambat penyembuhan luka (Cioce *et al.*, 2024).

Leukosit

Leukosit merupakan komponen utama sistem imun yang berperan dalam respon inflamasi terhadap cedera dan infeksi. Pada fase awal penyembuhan luka, leukosit terutama neutrofil dan makrofag berfungsi dalam eliminasi mikroorganisme dan pembersihan jaringan nekrotik. Peningkatan jumlah leukosit mencerminkan adanya respon inflamasi sistemik yang dapat dipengaruhi oleh trauma jaringan dan kontaminasi luka (Zhu *et al.*, 2024).

Fraktur Terbuka

Fraktur terbuka ditandai oleh adanya hubungan antara tulang yang patah dengan lingkungan luar melalui kulit dan jaringan lunak (Whiting *et al.*, 2024). Keadaan tersebut meningkatkan peluang terjadinya kontaminasi mikroba dan gangguan vaskular lokal.

Karena itu, manajemen fraktur terbuka menuntut perhatian tidak hanya pada stabilisasi tulang, tetapi juga pada penilaian dan penanganan jaringan lunak di sekitarnya (Soderquist *et al.*, 2024). *Debridement* merupakan tindakan bedah untuk mengangkat jaringan nekrotik dan kontaminan. Tindakan ini terbukti menurunkan risiko infeksi, mengurangi inflamasi, dan mempercepat penyembuhan luka (Soderquist *et al.*, 2024). *Debridement* yang adekuat berperan dalam mempercepat transisi dari fase inflamasi ke fase proliferasi (Adib *et al.*, 2022).

Berdasarkan hal tersebut, nilai leukosit preoperatif berpotensi tidak hanya mencerminkan respon inflamasi, tetapi juga menjadi indikator klinis dalam menilai kondisi jaringan luka serta kebutuhan tindakan *debridement* pada pasien fraktur terbuka.

METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain cross sectional retrospektif. Penelitian dilakukan di RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto pada periode November 2025 hingga Februari 2026.

Populasi penelitian adalah seluruh pasien dengan diagnosis fraktur terbuka ekstremitas bawah yang menjalani tindakan operatif. Sampel penelitian berjumlah 84 pasien yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling sesuai kriteria inklusi dan eksklusi.

Data yang digunakan merupakan data sekunder dari rekam medis elektronik, meliputi nilai leukosit preoperatif dan lama penyembuhan luka kulit pasca operasi.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP versi 0.18.3 secara univariat untuk mendeskripsikan karakteristik variabel, serta bivariat menggunakan uji korelasi Spearman karena data tidak berdistribusi normal. Tingkat signifikansi ditetapkan pada $p < 0,05$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data sekunder yang diperoleh dari rekam medis elektronik pasien yang menjalani tindakan operasi fraktur terbuka ekstremitas bawah di RSUD Prof. Dr. Margono Soekarjo Purwokerto periode 2023-2025. Variabel pada penelitian ini meliputi nilai leukosit preoperatif, lama penyembuhan luka kulit pasca operasi, usia pasien dan lokasi fraktur. Jumlah sampel yang dianalisis dalam penelitian ini adalah 84 subjek, dengan karakteristik demografis dan klinis yang beragam, sehingga diharapkan dapat merepresentasikan populasi sasaran secara lebih akurat. Seluruh proses analisis statistik ini dilakukan menggunakan perangkat lunak JASP versi 0.18.3 dengan tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada $p < 0.05$.

Analisis Univariat

Karakteristik Responden Berdasarkan Usia

Tabel 1. Karakteristik Responden Berdasarkan Usia (n = 84).

Usia (tahun)	Mean	Std. Deviation	Median	Minimum	Maximum
	35	18,14	34	12	83

Hasil analisis sebagaimana tercantum pada tabel 1, diperoleh karakteristik responden rata-rata berusia 35 tahun dengan rentang usia termuda 12 tahun dan tertua 83 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa responden berasal dari kelompok usia produktif hingga lanjut usia. Variasi usia ini penting karena usia dapat memengaruhi proses penyembuhan luka melalui perbedaan respon inflamasi vaskularisasi jaringan dan kapasitas regenerasi kulit.

Distribusi Lokasi Fraktur

Tabel 2. Distribusi Lokasi Fraktur

Lokasi	Frekuensi	Presentase (%)
Tibia	31	36,9%
Femur	22	26,19%
Phalanx	9	10,71%
Fibula	7	8,33%
Calcaneus	4	4,76%
Patella	4	4,76%
Metatarsal	4	4,76%
Foot	1	1,19%
Total	84	100%

Distribusi lokasi fraktur berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa lokasi tersering adalah tibia, yaitu sebanyak 31 kasus (36,9%), diikuti oleh femur sebanyak 22 kasus (26,19%). Dominasi fraktur tibia dan femur mencerminkan tingginya risiko fraktur terbuka pada tulang panjang ekstremitas bawah, yang secara anatomis memiliki perlindungan jaringan lunak lebih tipis sehingga lebih rentan mengalami luka terbuka dan komplikasi penyembuhan luka.

Karakteristik Responden Berdasarkan Nilai Leukosit Preoperatif

Tabel 3. Karakteristik Responden Berdasarkan Nilai Leukosit Preoperatif.

Nilai Leukosit	Mean	Std. Deviation	Median	Minimum	Maximum
	12681	3782	11985	6190	26690

Nilai leukosit preoperatif responden yang didapatkan dari data tersebut menunjukkan rata-rata sebesar 12.681 sel/ μ L dengan nilai minimum 6.190 sel/ μ L dan maksimum 26.690 sel/ μ L. Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien mengalami peningkatan leukosit sebelum operasi, yang mencerminkan respons inflamasi sistemik akibat trauma fraktur terbuka dan kontaminasi jaringan lunak.

Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Penyembuhan Luka

Tabel 4. Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Penyembuhan Luka.

Lama Penyembuhan	Mean	Std. Deviation	Median	Minimum	Maximum
	6,4	1,81	6	4	11

Karakteristik responden berdasarkan lama penyembuhan luka menjelaskan bahwa rata-rata lama penyembuhan luka kulit pasca operasi adalah 6,4 hari dengan rentang 4 - 11 hari. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas luka kulit pada responden mengalami penutupan relatif cepat, sesuai dengan proses penyembuhan luka primer pada jaringan kulit pasca tindakan operasi, selama tidak terjadi komplikasi infeksi atau gangguan inflamasi berkepanjangan.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui data penelitian terdistribusi normal atau tidak. Uji normalitas pada penelitian ini menggunakan *Kolmogorov-Smirnov*.

Tabel 3. Uji Normalitas.

Variabel	P-value
Leukosit Preoperatif	0.113
Lama Penyembuhan Luka	0.03

Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data leukosit preoperatif berdistribusi normal ($p > 0,05$), sedangkan data lama penyembuhan luka tidak berdistribusi normal ($p < 0,05$). Oleh karena itu, analisis bivariat dilakukan menggunakan uji non-parametrik Spearman.

Analisis Bivariat

Tabel 7. Analisis Bivariat.

Variabel	<i>Spearman's rho</i>	p-value	Frekuensi
Leukosit preoperatif vs lama penyembuhan luka	0,514	<0.01	84

Hasil analisis bivariat menggunakan uji Spearman menunjukkan adanya hubungan positif yang bermakna antara nilai leukosit preoperatif dan lama penyembuhan luka ($r = 0,514$; $p < 0,05$). Nilai korelasi tersebut menunjukkan kekuatan hubungan sedang, yang mengindikasikan bahwa peningkatan leukosit preoperatif cenderung diikuti oleh peningkatan lama penyembuhan luka. Temuan ini menunjukkan adanya keterkaitan antara respon inflamasi sistemik dan proses penyembuhan luka pada pasien fraktur terbuka.

Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan positif yang bermakna antara nilai leukosit preoperatif dan lama penyembuhan luka pada pasien fraktur terbuka ekstremitas bawah. Nilai korelasi yang diperoleh menunjukkan kekuatan hubungan sedang, yang

mengindikasikan bahwa peningkatan leukosit cenderung diikuti dengan keterlambatan penyembuhan luka.

Leukositosis pada pasien fraktur terbuka mencerminkan respon inflamasi sistemik akibat trauma jaringan, kontaminasi mikroorganisme, serta adanya jaringan devitalisasi (Santucci & Purcell, 2021). Pada fase inflamasi, leukosit berperan dalam pembersihan jaringan nekrotik dan eliminasi patogen, namun peningkatan yang berlebihan dapat memperpanjang fase inflamasi dan menghambat transisi ke fase proliferasi sehingga memperlambat penyembuhan luka (Naharro-Rodriguez, 2024; Cioce et al., 2024).

Dalam konteks fraktur terbuka, keberadaan jaringan nekrotik menjadi sumber utama inflamasi yang persisten. Oleh karena itu, tindakan debridement memegang peranan penting dalam menghilangkan jaringan devitalisasi tersebut. *Debridement* yang adekuat dapat menurunkan beban inflamasi, mencegah infeksi, serta mempercepat proses penyembuhan luka, sedangkan *debridement* yang tidak optimal dapat menyebabkan inflamasi berkepanjangan yang ditandai dengan peningkatan leukosit serta keterlambatan penyembuhan luka (Minehara et al., 2024; Lourtet-Hascoët et al., 2025; Soderquist et al., 2024).

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa nilai leukosit preoperatif tidak hanya berfungsi sebagai indikator inflamasi, tetapi juga dapat digunakan sebagai parameter klinis awal dalam menilai kondisi jaringan luka serta kebutuhan tindakan *debridement*. Pasien dengan leukositosis tinggi kemungkinan memiliki beban jaringan nekrotik yang lebih besar, sehingga memerlukan *debridement* yang lebih agresif atau berulang untuk mencapai kontrol inflamasi yang optimal.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa peningkatan parameter inflamasi hematologis berhubungan dengan keterlambatan penyembuhan luka pada pasien fraktur terbuka (Johan et al., 2024). Selain itu, Zhao et al. (2024) juga melaporkan bahwa marker inflamasi preoperatif memiliki nilai prediktif terhadap outcome penyembuhan luka, dimana peningkatan respon inflamasi berkaitan dengan proses penyembuhan yang lebih lambat.

Dengan demikian, respon inflamasi sistemik yang tercermin melalui nilai leukosit memiliki peran penting dalam menentukan kecepatan penyembuhan luka, khususnya dalam kaitannya dengan efektivitas tindakan debridement pada pasien fraktur terbuka.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan desain retrospektif dan tidak secara langsung mengevaluasi kualitas atau jumlah tindakan debridement yang dilakukan. Selain itu, faktor lain yang dapat mempengaruhi penyembuhan luka seperti status nutrisi,

komorbid, dan derajat keparahan luka tidak dianalisis secara mendalam, sehingga dapat mempengaruhi hasil penelitian.

5. KESIMPULAN

Terdapat hubungan positif yang bermakna antara nilai leukosit preoperatif dan lama penyembuhan luka pada pasien fraktur terbuka ekstremitas bawah. Nilai leukosit yang lebih tinggi berhubungan dengan waktu penyembuhan luka yang lebih lama.

Nilai leukosit preoperatif dapat digunakan sebagai indikator klinis awal dalam menilai respon inflamasi serta membantu menentukan kebutuhan optimalisasi tindakan debridement untuk mempercepat penyembuhan luka. Sehingga penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi secara langsung kualitas dan frekuensi tindakan debridement serta faktor lain yang mempengaruhi penyembuhan luka, seperti komorbid dan status nutrisi pasien.

DAFTAR PUSTAKA

- Adib, Y., Bensussan, A., & Michel, L. (2022). *Cutaneous wound healing: A review about innate immune response and current therapeutic applications*.
- Cioce, A., Cavani, A., Cattani, C., & Scopelliti, F. (2024). *Role of the skin immune system in wound healing*.
- Çolak, T. S., & Kekeç, A. F. (2022). Does the pre-operative neutrophil–lymphocyte ratio have predictive value in detecting infection in type 3 open tibia diaphysis fractures?
- Das, S. K., Yuan, Y. F., & Li, M. Q. (2022). Predictors of delayed wound healing after successful isolated below-the-knee endovascular intervention in patients with ischemic foot ulcers. *Journal of Vascular Surgery*, 67(4), 1181–1190.
- Johan, M. P., Putra, L. T., Yurianto, H., Usman, M. A., Arifin, J., Abidin, M. A., Putro, Y. A. P., Kennedy, D., & Singjie, L. C. (2024). The role of neutrophil-to-lymphocyte ratio with wound healing in open tibial fracture grade IIIA. *International Journal of Surgery Open*, 62, 51–56.
- Lourtet-Hascoët, J., Bonnet, E., Spera, A. M., Ascione, T., Chan, M., Esposito, S., Pagliano, P., Scobie, A., Ünal, S., & Giordano, G. (2025). Fracture-related infections: Current status and perspectives.
- Mamun, A. Al, Shao, C., Wang, S., & Xiao, J. (2024). Recent advances in molecular mechanisms of skin wound healing and its treatments.
- Naharro-Rodriguez, J. (2024). *Aberrances of the wound healing process: A review*.
- Rupp, M., Walter, N., Popp, D., Hitzenbichler, F., Heyd, R., Geis, S., Kandulski, M., Thurn, S., Betz, T., & Brochhausen, C. (2023). Multidisciplinary treatment of fracture-related infection has a positive impact on clinical outcome.
- Salia, S. M., Amesiya, R., Adedia, D., Bilson, H., & Werebay, C. (2024). Prevalence and determinants of orthopedic surgical site infections.

- Santucci, C. A., & Purcell, T. B. (2021). Leukocytosis as a predictor of severe injury in blunt trauma.
- Soderquist, M., Gibbons, M., Mooney, C., Colon, J., & Rehman, S. (2024). Acute management of open long bone fractures: A scoping review.
- Whiting, P. S., Obremskey, W., Johal, H., Shearer, D., Volgas, D., & Balogh, Z. J. (2024). Open fractures: Evidence-based best practices. *OTA International*, 7(3), 1–5.
- Wu, A. M., Bisignano, C., James, S. L., et al. (2021). Global burden of bone fractures. *The Lancet Healthy Longevity*, 2(9), e580–e592.
- Yu, G., Ren, H., Xiao, A., Liu, J., Li, M., & Zhang, N. (2022). Wound infection in elbow fractures. *International Wound Journal*, 19(6), 1409–1417.
- Zhao, S., Guo, F., Zang, Y., Hu, R., Yu, X., Zhang, H., Xie, T., Li, X., Bai, C., Shi, H., & Zhang, D. (2024). Neutrophil-to-lymphocyte ratio and wound healing. *Frontiers in Endocrinology*, 15.