

HUBUNGAN IMT, USIA, DAN JENIS KELAMIN DENGAN TIPE FRAKTUR EKSTREMITAS BAWAH DI RS ORTOPEDI SOEHARSO SURAKARTA

Yudha Pratama Widyatmoko, dr. Sa'idatul Fithriyah, M.Sc
Program Studi Ilmu Kedokteran, Fakultas Kedokteran
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Fraktur ekstremitas bawah merupakan salah satu cedera muskuloskeletal yang sering dijumpai dengan manifestasi berupa fraktur terbuka maupun fraktur tertutup. Tipe fraktur diduga dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya indeks massa tubuh (IMT), usia, dan jenis kelamin, namun hasil penelitian sebelumnya masih menunjukkan inkonsistensi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan indeks massa tubuh, usia, dan jenis kelamin dengan tipe fraktur ekstremitas bawah pada pasien di Rumah Sakit Ortopedi Soeharso Surakarta. Penelitian observasional analitik dengan desain *cross-sectional* ini menggunakan data sekunder rekam medis pasien fraktur ekstremitas bawah periode Januari–Maret 2026. Sebanyak 130 pasien dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Analisis bivariat dilakukan menggunakan uji *Chi-square*, sedangkan analisis multivariat menggunakan regresi logistik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden mengalami fraktur terbuka (79,2%), memiliki IMT *normoweight* (53,1%), berusia <60 tahun (53,8%), dan berjenis kelamin perempuan (58,5%). Analisis bivariat menunjukkan bahwa IMT ($p=0,170$; $OR=2,039$; $CI\ 95\%=0,839-4,958$), usia ($p=0,188$; $OR=0,513$; $CI\ 95\%=0,217-1,213$), dan jenis kelamin ($p=0,573$; $OR=0,712$; $CI\ 95\%=0,599-3,291$) tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur. Analisis multivariat juga menunjukkan bahwa IMT ($aOR=1,875$; $p=0,172$) dan usia ($aOR=0,560$; $p=0,194$) tidak berhubungan secara bermakna dengan tipe fraktur, dengan nilai *Nagelkerke R²* sebesar 0,051. Disimpulkan bahwa indeks massa tubuh, usia, dan jenis kelamin tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur ekstremitas bawah, sehingga faktor lain di luar model penelitian diduga memiliki peran yang lebih besar dalam menentukan tipe fraktur.

Kata Kunci: fraktur ekstremitas bawah; indeks massa tubuh; jenis kelamin; tipe fraktur; usia.

Abstract

Lower extremity fractures are among the most common musculoskeletal injuries and may present as either open or closed fractures. Fracture type is thought to be influenced by several factors, including body mass index (BMI), age, and sex, although previous studies have reported inconsistent findings. This study aimed to determine the association of body mass index, age, and sex with lower extremity fracture type among patients at Soeharso Orthopedic Hospital, Surakarta. This analytical observational study employed a cross-sectional design using secondary data from the medical records of patients with lower extremity fractures treated between January and March 2026. A total of 130 patients were selected using purposive sampling. Bivariate analysis was performed using the Chi-square test, followed by multivariable logistic regression analysis. The results showed that most participants had open fractures (79.2%), normal body mass index (53.1%), were

younger than 60 years (53.8%), and were female (58.5%). No significant association was found between BMI ($p=0.170$; $OR=2.039$; 95% $CI=0.839-4.958$), age ($p=0.188$; $OR=0.513$; 95% $CI=0.217-1.213$), or sex ($p=0.573$; $OR=0.712$; 95% $CI=0.599-3.291$) and fracture type. Multivariable logistic regression also demonstrated that BMI (adjusted $OR=1.875$; $p=0.172$) and age (adjusted $OR=0.560$; $p=0.194$) were not significantly associated with fracture type, with a Nagelkerke R^2 value of 0.051. In conclusion, body mass index, age, and sex were not significantly associated with lower extremity fracture type, suggesting that other factors not included in the present model may have a greater influence on fracture type.

Keywords: age; body mass index; lower extremity fracture; fracture type; sex.

1. PENDAHULUAN

Fraktur atau patah tulang merupakan terputusnya jaringan tulang akibat trauma yang melebihi kekuatan tulang. Berdasarkan hubungan dengan lingkungan luar, fraktur diklasifikasikan menjadi fraktur terbuka dan fraktur tertutup. Fraktur terbuka ditandai dengan adanya hubungan antara lokasi fraktur dengan lingkungan luar akibat robekan jaringan lunak dan kulit, sedangkan fraktur tertutup terjadi tanpa adanya hubungan dengan lingkungan luar karena kulit dan jaringan lunak tetap utuh. Fraktur terbuka memiliki risiko infeksi yang lebih tinggi dibandingkan fraktur tertutup akibat adanya kontaminasi pada lokasi cedera [1–3].

Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO), pada tahun 2019 terdapat sekitar 178 juta kasus fraktur baru di seluruh dunia, meningkat sebesar 33,4% dibandingkan tahun 1990. Secara global, sebagian besar fraktur terbuka terjadi pada ekstremitas bawah (76,8%), dengan lokasi tersering pada metatarsal dan tibia, sedangkan kecelakaan lalu lintas merupakan penyebab utama fraktur terbuka ekstremitas bawah. Di Indonesia, prevalensi fraktur mencapai sekitar 5,8% dari populasi, dengan fraktur ekstremitas bawah mencakup sekitar 67% dari seluruh kasus fraktur. Di Provinsi Jawa Tengah, prevalensi fraktur mencapai 16,7%, sedangkan tindakan terkait fraktur ekstremitas mendominasi sekitar 20,3% prosedur ortopedi di rumah sakit. Selain itu, beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa fraktur tertutup merupakan tipe fraktur yang paling sering ditemukan, yaitu sekitar 75–80% kasus [4–7].

Tipe fraktur dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berasal dari individu maupun lingkungan. Salah satu faktor individu yang diduga berhubungan dengan tipe fraktur adalah indeks massa tubuh (IMT). Individu dengan IMT tinggi memiliki beban mekanik yang lebih besar pada tulang sehingga berpotensi mengalami trauma dengan energi yang lebih tinggi, sedangkan individu dengan IMT rendah cenderung memiliki kepadatan tulang yang lebih rendah dan perlindungan jaringan lunak yang minimal. Selain IMT, usia dan jenis kelamin juga

diduga memengaruhi tipe fraktur melalui perbedaan kualitas tulang, paparan terhadap mekanisme trauma, serta karakteristik biologis masing-masing individu [8,9].

Beberapa penelitian mengenai hubungan IMT, usia, dan jenis kelamin dengan tipe fraktur masih menunjukkan hasil yang berbeda-beda. Penelitian Dinçel *et al.* melaporkan bahwa IMT tidak berhubungan dengan karakteristik fraktur terbuka, sedangkan penelitian lain menunjukkan bahwa IMT tinggi dapat meningkatkan risiko fraktur terbuka akibat meningkatnya beban mekanik saat trauma [10]. Demikian pula pada variabel usia dan jenis kelamin, beberapa penelitian melaporkan tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan tipe fraktur, sementara penelitian lain menunjukkan bahwa laki-laki usia muda lebih sering mengalami fraktur terbuka akibat paparan trauma berenergi tinggi dibandingkan perempuan. Perbedaan hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara IMT, usia, dan jenis kelamin dengan tipe fraktur ekstremitas bawah masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan indeks massa tubuh, usia, dan jenis kelamin dengan tipe fraktur ekstremitas bawah pada pasien di Rumah Sakit Ortopedi Soeharso Surakarta.

2. METODE

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain *cross-sectional* yang dilakukan di Rumah Sakit Ortopedi Soeharso Surakarta pada Januari–Maret 2026. Penelitian menggunakan data sekunder yang diperoleh dari rekam medis pasien fraktur ekstremitas bawah yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, sehingga diperoleh sebanyak 130 pasien yang memenuhi kriteria penelitian. Kriteria inklusi meliputi pasien dengan diagnosis fraktur ekstremitas bawah pada periode penelitian serta memiliki data rekam medis yang lengkap, sedangkan pasien dengan rekam medis tidak lengkap, data duplikasi, atau diagnosis fraktur patologis akibat keganasan maupun kelainan tulang non-traumatik dikeluarkan dari penelitian.

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah tipe fraktur yang diklasifikasikan menjadi fraktur terbuka dan fraktur tertutup. Variabel independen meliputi indeks massa tubuh (IMT), usia, dan jenis kelamin. IMT dikategorikan menjadi *normoweight* (18,5–22,9 kg/m²) dan *overweight* ($\geq 23,0$ kg/m²), sedangkan usia dikelompokkan menjadi <60 tahun dan ≥ 60 tahun. Seluruh data diperoleh dari rekam medis pasien.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik. Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik responden dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase. Hubungan antara variabel independen dengan tipe fraktur dianalisis

menggunakan uji Chi-square dan disajikan dalam bentuk *odds ratio* (OR), *95% confidence interval* (95% CI), serta nilai *p*. Variabel dengan nilai $p < 0,25$ pada analisis bivariat selanjutnya dimasukkan ke dalam analisis multivariat menggunakan regresi logistik untuk memperoleh *adjusted odds ratio* (aOR). Nilai $p < 0,05$ dianggap menunjukkan hubungan yang bermakna secara statistik.

Penelitian ini telah memperoleh persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan nomor 6073/B.1/KEPK-FKUMS/XI/2025 sebelum pengumpulan data dilakukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

Sebanyak 130 pasien fraktur ekstremitas bawah memenuhi kriteria penelitian. Mayoritas responden mengalami fraktur terbuka, yaitu sebanyak 103 pasien (79,2%), sedangkan fraktur tertutup sebanyak 27 pasien (20,8%). Berdasarkan indeks massa tubuh (IMT), sebagian besar responden berada pada kategori *normoweight* sebanyak 69 pasien (53,1%), sedangkan kategori *overweight* sebanyak 61 pasien (46,9%). Berdasarkan usia, sebanyak 70 pasien (53,8%) berusia < 60 tahun dan 60 pasien (46,2%) berusia ≥ 60 tahun. Berdasarkan jenis kelamin, sebagian besar responden adalah perempuan, yaitu sebanyak 76 pasien (58,5%), sedangkan laki-laki sebanyak 54 pasien (41,5%) (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik responden penelitian (n= 130)

Variabel	Kriteria	n	%
Tipe Fraktur	Fraktur Tertutup	27	20,8
	Fraktur Terbuka	103	79,2
IMT	<i>Normoweight</i>	69	53,1
	<i>Overweight</i>	61	46,9
Usia	< 60	70	53,8
	≥ 60	60	46,2
Jenis Kelamin	Laki-laki	54	41,5
	Perempuan	76	58,5

Analisis bivariat menunjukkan bahwa proporsi fraktur terbuka lebih tinggi pada responden dengan kategori *overweight* (85,2%) dibandingkan *normoweight* (73,9%). Namun, tidak terdapat hubungan yang bermakna antara IMT dan tipe fraktur ($p = 0,170$; OR=2,039; 95% CI=0,839–4,958). Pada variabel usia, fraktur terbuka lebih banyak ditemukan pada responden berusia < 60 tahun (84,3%) dibandingkan responden berusia ≥ 60 tahun (73,3%), tetapi hubungan tersebut tidak bermakna secara statistik ($p = 0,188$; OR=0,513; 95% CI=0,217–1,213). Demikian pula pada variabel jenis kelamin, proporsi fraktur terbuka lebih tinggi pada

perempuan (81,6%) dibandingkan laki-laki (75,9%), namun tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan tipe fraktur ($p=0,573$; $OR=0,712$; 95% $CI=0,599-3,291$) (Tabel 2).

Tabel 2. Analisis Bivariat

Variabel	Kriteria	Fraktur Terbuka (n=103) (%)	Fraktur Tertutup (n=27) (%)	Analisis Bivariat			
				Σ	OR	p	CI 95%
IMT	Overweight	52 (85,2)	9 (14,8)		2,03	0,17	0,839 –
	Normal	51 (73,9)	18 (26,1)		9	0	4,958
Usia	≥ 60	44 (73,3)	16 (26,7)		0,51	0,18	0,217 –
	< 60	59 (84,3)	11 (15,7)		3	8	1,213
Jenis Kelamin	Laki-laki	41 (75,9)	13 (24,1)		0,71	0,57	0,599 – 3,
	Perempuan	62 (81,6)	14 (18,4)		2	3	291

Variabel yang memiliki nilai $p < 0,25$ pada analisis bivariat, yaitu IMT dan usia, selanjutnya dianalisis menggunakan regresi logistik. Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa IMT memiliki nilai *adjusted odds ratio* (aOR) sebesar 1,875 (95% $CI=0,761-4,617$; $p=0,172$), sedangkan usia memiliki aOR sebesar 0,560 (95% $CI=0,234-1,344$; $p=0,194$). Kedua variabel tersebut tidak menunjukkan hubungan yang bermakna dengan tipe fraktur. Nilai Nagelkerke R^2 sebesar 0,051 menunjukkan bahwa model regresi mampu menjelaskan 5,1% variasi tipe fraktur, sedangkan 94,9% variasi lainnya dipengaruhi oleh faktor-faktor di luar model penelitian (Tabel 3).

Tabel 3. Analisis Multivariat

Variabel	B	p	aOR	95% CI	Nagelkerke R^2
IMT	0,628	0,172	1,875	0,761–4,617	0,051
Usia	-0,579	0,194	0,560	0,234–1,344	
Konstanta	1,372				

Keterangan : B: koefisien regresi; aOR = Adjusted Odds Ratio; CI = Confidence Interval;

3.2 Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan bahwa indeks massa tubuh (IMT), usia, dan jenis kelamin tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur ekstremitas bawah. Meskipun secara deskriptif proporsi fraktur terbuka lebih tinggi pada kelompok *overweight*, usia <60 tahun, dan perempuan, hasil analisis bivariat maupun multivariat menunjukkan bahwa ketiga variabel tersebut bukan merupakan faktor yang berhubungan secara bermakna dengan tipe fraktur pada populasi penelitian ini.

Pada kelompok *overweight* ditemukan proporsi fraktur terbuka sebesar 85,2%, lebih tinggi dibandingkan kelompok *normoweight* yaitu 73,9%. Secara statistik, nilai $p > 0,05$ menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara IMT dengan tipe fraktur ekstremitas bawah.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dinçel *et al.* (2018) pada 67 pasien fraktur plateau tibia yang mengevaluasi korelasi antara IMT dengan karakteristik fraktur terbuka. Analisis regresi biner menunjukkan tidak terdapat korelasi antara IMT dengan karakteristik fraktur terbuka (Nagelkerke $R^2 = 0,327$; Hosmer–Lemeshow $p = 0,362$), sehingga peneliti menyimpulkan bahwa IMT tidak berhubungan terhadap fraktur terbuka pada ekstremitas bawah [10]. Goodloe *et al.* (2020) juga menemukan bahwa tipe fraktur lebih banyak ditentukan oleh mekanisme cedera daripada komposisi tubuh pasien, dimana trauma berenergi tinggi menjadi faktor utama yang menyebabkan kerusakan jaringan lunak yang luas sehingga menghasilkan fraktur terbuka [11].

Fraktur terbuka terjadi apabila gaya trauma tidak hanya mematahkan tulang, tetapi juga menyebabkan kerusakan jaringan lunak hingga terbentuk hubungan antara lokasi fraktur dengan lingkungan luar. Sebaliknya, apabila kerusakan jaringan lunak tidak mencapai kulit, fraktur tetap diklasifikasikan sebagai fraktur tertutup. Oleh karena itu, faktor yang berperan utama dalam menentukan tipe fraktur adalah karakteristik cedera, bukan hanya status antropometri pasien [12].

Secara teoritis, individu dengan IMT tinggi memiliki jaringan lemak subkutan yang lebih tebal, sedangkan individu dengan IMT rendah memiliki bantalan jaringan lunak yang lebih tipis. Namun, ketebalan jaringan lunak tersebut tidak selalu menentukan apakah kulit akan mengalami robekan saat terjadi trauma. Pada trauma berenergi tinggi, gaya yang diterima sering kali cukup besar untuk menyebabkan kerusakan jaringan lunak yang luas, terlepas dari variasi IMT. Namun, pada trauma berenergi rendah, energi yang ditransmisikan umumnya tidak cukup untuk menimbulkan robekan kulit, sehingga fraktur tetap bersifat tertutup pada berbagai kategori [13].

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa IMT tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur. Hal ini mengindikasikan bahwa status IMT yang tinggi bukan merupakan faktor utama yang menentukan apakah cedera akan menimbulkan fraktur terbuka atau fraktur tertutup. Selain itu, IMT hanya menggambarkan perbandingan berat badan terhadap tinggi badan dan tidak dapat membedakan komposisi tubuh, seperti proporsi massa lemak, massa otot, maupun distribusi jaringan adiposa [14]. Oleh karena itu, IMT tidak secara langsung mencerminkan kemampuan jaringan lunak dalam melindungi tulang saat terjadi trauma.

Terbentuknya fraktur terbuka lebih ditentukan oleh kemampuan energi trauma untuk merusak jaringan lunak hingga fragmen tulang menembus kulit atau terdapat hubungan antara lokasi fraktur dengan lingkungan luar. Penelitian oleh Weber *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa fraktur tibia terbuka lebih banyak dipengaruhi oleh mekanisme trauma energi tinggi, terutama pada pasien trauma multipel dan pengendara sepeda motor [15]. Sebaliknya, apabila energi trauma hanya menyebabkan kontinuitas tulang terputus tanpa disertai kerusakan jaringan lunak yang cukup luas, maka fraktur yang terjadi cenderung tetap tertutup [16].

Hasil analisis bivariat menunjukkan bahwa usia memiliki nilai $p=0,188$. Pada kelompok usia <60 tahun ditemukan fraktur terbuka sebesar 84,3%, sedangkan pada kelompok usia ≥ 60 tahun sebesar 73,3%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara usia dengan tipe fraktur ekstremitas bawah ($p>0,05$).

Berdasarkan pendekatan sistematis oleh Davies *et al.* (2022) disebutkan bahwa pasien usia muda maupun usia lanjut sama-sama dapat mengalami fraktur terbuka apabila mengalami trauma dengan energi yang cukup besar, dan sebaliknya keduanya juga dapat mengalami fraktur tertutup apabila kerusakan jaringan lunak yang terjadi minimal [17]. Kondisi ini menjelaskan mengapa usia tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan tipe fraktur dalam penelitian ini.

Individu usia muda cenderung memiliki mobilitas dan aktivitas fisik yang lebih tinggi, sehingga lebih sering terpapar trauma energi tinggi seperti kecelakaan lalu lintas, yang berisiko menghasilkan fraktur terbuka [18]. Sementara pada usia lanjut fraktur lebih sering terjadi akibat trauma energi rendah seperti jatuh dari posisi berdiri, sehingga menghasilkan lebih banyak fraktur tertutup [19]. Perbedaan pola mekanisme trauma inilah yang diduga mendasari perbedaan proporsi tipe fraktur antar kelompok usia, sementara usia itu sendiri tidak secara langsung menentukan tipe fraktur yang terjadi.

Pada variabel jenis kelamin, mayoritas responden perempuan mengalami fraktur terbuka sebanyak 62 pasien (81,6%), sedangkan pada responden laki-laki mayoritas juga mengalami fraktur terbuka sebanyak 41 pasien (75,9%). Hasil analisis bivariat menunjukkan nilai $p>0,05$

($p=0,573$) yang berarti tidak terdapat hubungan yang signifikan secara statistik antara jenis kelamin dan tipe fraktur ekstremitas bawah.

Meskipun secara deskriptif proporsi fraktur terbuka lebih banyak ditemukan pada perempuan, analisis statistik menunjukkan bahwa jenis kelamin tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh distribusi demografis responden, terutama proporsi perempuan yang lebih besar dalam penelitian ini [20].

Temuan ini didukung oleh penelitian Almigdad *et al.* (2022) secara retrospektif terhadap 3.066 pasien fraktur di Yordania, yang menunjukkan bahwa jenis kelamin tidak berhubungan signifikan dengan tipe fraktur pada tulang femur ($p=0,533$), patela ($p=0,123$), maupun metatarsal ($p=0,594$) [21]. Zaki *et al.* (2020) menjelaskan pada kasus fraktur femur, tibia, dan fibula juga ditemukan bahwa tipe fraktur lebih ditentukan oleh karakteristik trauma daripada jenis kelamin [22].

Secara biomekanik, fraktur terbuka terjadi sebagai konsekuensi dari transmisi energi trauma yang melebihi kekuatan mekanik tulang, disertai kerusakan jaringan lunak yang luas. Besarnya energi trauma, arah gaya, dan luas kerusakan jaringan lunak merupakan faktor penentu utama terbentuknya fraktur terbuka, sementara karakteristik demografis seperti jenis kelamin berperan lebih sebagai faktor kontekstual daripada determinan langsung tipe fraktur [23].

Meskipun terdapat perbedaan biologis antara laki-laki dan perempuan, perbedaan tersebut tidak secara langsung memengaruhi mekanisme terbentuknya fraktur terbuka. Laki-laki umumnya memiliki massa otot yang lebih besar, korteks tulang yang lebih tebal, serta kekuatan tulang yang lebih tinggi akibat pengaruh hormon androgen. Meskipun demikian, laki-laki lebih sering mengalami trauma berenergi tinggi yang menghasilkan gaya benturan lebih besar sehingga lebih sering menimbulkan fraktur terbuka [24].

Di sisi lain, perempuan cenderung memiliki massa otot dan ketebalan korteks tulang yang lebih rendah serta distribusi lemak subkutan yang lebih tinggi, terutama setelah pubertas. Perbedaan ini lebih memengaruhi respon tulang terhadap beban mekanik dan karakteristik cedera tulang, tetapi belum dapat menentukan kemungkinan adanya fragmen tulang yang akan menembus jaringan lunak hingga menyebabkan fraktur terbuka. Meskipun perempuan memiliki jaringan lemak subkutan yang relatif lebih tebal pada beberapa regio tubuh yang dapat berperan sebagai bantalan terhadap benturan, tetapi perlindungan tersebut menjadi tidak bermakna apabila energi trauma cukup besar untuk merobek kulit dan jaringan lunak. [25]. Dengan demikian, keunggulan biomekanik yang dimiliki masing-masing jenis kelamin

cenderung saling mengimbangi, sehingga tidak menghasilkan perbedaan yang konsisten dalam terjadinya fraktur terbuka maupun fraktur tertutup.

Analisis multivariat menunjukkan bahwa IMT memiliki nilai *adjusted odds ratio* sebesar 1,875, sedangkan usia memiliki *adjusted odds ratio* sebesar 0,560, namun keduanya tidak menunjukkan hubungan yang bermakna dengan tipe fraktur. Selain itu, nilai Nagelkerke R^2 sebesar 0,051 menunjukkan bahwa model penelitian hanya mampu menjelaskan 5,1% variasi tipe fraktur. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar variasi tipe fraktur dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dianalisis dalam penelitian ini, seperti mekanisme trauma, besarnya energi cedera, lokasi anatomis fraktur, derajat kerusakan jaringan lunak, maupun komorbiditas pasien. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukkan faktor-faktor tersebut agar diperoleh model yang lebih komprehensif dalam menjelaskan tipe fraktur ekstremitas bawah.

Terdapat penelitian lain yang juga mendukung hasil tidak signifikan antara IMT dan usia dengan fraktur terbuka. Prediger *et al.* (2021) dalam studi kohort prospektif pada 204 pasien fraktur ekstremitas bawah di Jerman, menganalisis berbagai faktor prediktor menggunakan Cox proportional hazard regression [26]. Hasil analisis menunjukkan bahwa usia (≥ 65 vs < 65 tahun) tidak terbukti sebagai prediktor yang signifikan dengan HR 1.51 (95% CI 0.63–3.60). Demikian pula, IMT tidak menunjukkan hubungan signifikan pada fraktur ekstremitas bawah (HR 0.77; 95% CI 0.24–2.44), dan peneliti menjelaskan hal ini karena sebagian besar fraktur ekstremitas bawah terjadi pada pasien *normoweight* akibat cedera olahraga atau kerja, sehingga mekanisme trauma lebih berperan sebagai penentu tipe fraktur dibandingkan karakteristik demografis pasien [27].

Secara biomekanik, fraktur terjadi ketika energi yang ditransmisikan ke tulang melebihi kekuatan mekanik tulang untuk menahannya. Energi trauma yang tinggi tidak hanya menyebabkan kegagalan struktur tulang, tetapi juga meningkatkan derajat kerusakan jaringan lunak di sekitarnya [28]. Oleh karena itu, besarnya energi trauma dan luasnya kerusakan jaringan lunak merupakan faktor utama yang menentukan apakah fraktur akan bersifat terbuka atau tertutup. Dengan demikian, meskipun IMT *overweight* dan usia tertentu menunjukkan kecenderungan meningkatkan peluang terjadinya fraktur terbuka, karakteristik trauma yang dialami pasien tetap merupakan determinan yang lebih dominan dalam menentukan tipe fraktur ekstremitas bawah.

4. PENUTUP

Penelitian ini menunjukkan bahwa indeks massa tubuh, usia, dan jenis kelamin tidak berhubungan secara signifikan dengan tipe fraktur ekstremitas bawah pada pasien di Rumah Sakit Ortopedi Soeharso Surakarta. Meskipun proporsi fraktur terbuka lebih tinggi pada kelompok *overweight*, usia <60 tahun, dan perempuan, hubungan tersebut tidak bermakna secara statistik. Temuan ini mengindikasikan bahwa tipe fraktur ekstremitas bawah kemungkinan lebih dipengaruhi oleh faktor lain di luar variabel yang diteliti, seperti mekanisme trauma, besarnya energi cedera, lokasi fraktur, dan derajat kerusakan jaringan lunak. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan variabel-variabel tersebut agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor-faktor yang berhubungan dengan tipe fraktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Noona C, M SR, D VSR, K L, Pathi S. Epidemiological and etiological factors of various fractures and its pharamacological treatment options in a tertiary care teaching hospital - a prospective cohort study. *Asian Journal of Hospital Pharmacy* 2024;1–6. <https://doi.org/10.38022/ajhp.v4i3.89>.
- [2] Apley AG, Solomon L. *System of Orthopaedics and Trauma: Principles of Fractures*. 10th ed. Florida: CRC Press; 2017.
- [3] Aliç T, Hassa E. Open Fractures from Gustilo and Anderson to the Present: A Bibliometric Analysis with Global Productivity and Research Trends. *Indian J Orthop* 2022;56:2119–32. <https://doi.org/10.1007/s43465-022-00743-z>.
- [4] World Health Organization. *Fragility Fractures*. WHO 2024.
- [5] Alhavas A, Alghamdi M. Epidemiology, Etiology, Timing and Severity of Open Fracture - a Five Years Review From a Tertiary Trauma Center, Eastern Province, Saudi Arabia. *Medical Archives* 2023;77:391. <https://doi.org/10.5455/medarh.2023.77.391-395>.
- [6] Sari NKDD, Asmara AAGY. Gambaran prevalensi fraktur humerus di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Sanglah, Bali, Indonesia periode tahun 2015-2016. *Intisari Sains Medis* 2020;11:194–7. <https://doi.org/10.15562/ism.v11i1.533>.
- [7] Hakim K, Kamilah K, Batubara D, Alexander R, Dewani Y. Overview Of Tibia Fracture Case Management At Royal Prima General Hospital. vol. 6. 2024.
- [8] Bae K, Han S, Han K, Park J, Hong J-Y, Choi SH. Is *Overweight* Protective Against Fracture Occurrence? Age and Site-Dependent Different Association Between Body Mass Index and the Incidence of Hip and Vertebral Fractures. *Global Spine J* 2025;15:3580–9. <https://doi.org/10.1177/21925682251324461>.
- [9] Soliman SS, Jordan GB, Bilaniuk JW, Benfante A, Kong K, Rolandelli RH, *et al*. The impact of BMI on morbidity and mortality after femoral fractures. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2022;48:2441–7. <https://doi.org/10.1007/s00068-021-01787-w>.
- [10] Dinçel YM, Öner A, Arikan Y, Çağlar S, Özcafer R, Güleç MA. Effect of BMI on outcomes of surgical treatment for tibial plateau fractures: A comparative retrospective case series study. *Chinese Journal of Traumatology* 2018;21:104–8. <https://doi.org/10.1016/j.cjtee.2017.10.005>.

- [11] Goodloe JB, Traven SA, Herzog LN, Richardson CM, Daley DN, Slone HS. Elevated BMI is associated with intra-articular comminution, prolonged operative time, and postoperative complications in distal radius fractures. *Injury* 2020;51:2612–6. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.08.006>.
- [12] Kloberdanz AL, Meyer J, Kammermeier K, Strahl A, Schlickewei C, Mader K, *et al.* Impact of body mass index on fracture severity, clinical, radiological and functional outcome in distal radius fractures: a retrospective observational study after surgical treatment. *Arch Orthop Trauma Surg* 2024;144:2915–23. <https://doi.org/10.1007/s00402-024-05391-6>.
- [13] Ahmadi Zeidabadi F, Amiri Doumari S, Dehghani M, Montazeri Z, Trojovsk♦ Gaurav Dhiman P. Parametric Study of Hip Fracture Risk Using QCT-Based Finite Element Analysis. *Computers, Materials & Continua* 2022;71:1349–69. <https://doi.org/10.32604/cmc.2022.018262>.
- [14] Whiting PS, Obremskey W, Johal H, Shearer D, Volgas D, Balogh ZJ. Open fractures: evidence-based best practices. *OTA International* 2024;7. <https://doi.org/10.1097/OI9.0000000000000313>.
- [15] Weber CD, Hildebrand F, Kobbe P, Lefering R, Sellei RM, Pape H-C. Epidemiology of open tibia fractures in a population-based database: update on current risk factors and clinical implications. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 2019;45:445–53. <https://doi.org/10.1007/s00068-018-0916-9>.
- [16] McMenemy L, Round J. Open fractures. *Surgery (Oxford)* 2024;42:410–5. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2024.03.005>.
- [17] Davies M, Dorrell V, Grainger C, Ahluwalia A, Vasireddy A, Ahluwalia R. Assessing and managing open fractures: a systematic approach. *Br J Hosp Med* 2022;83:1–9. <https://doi.org/10.12968/hmed.2021.0578>.
- [18] Court-Brown CM, McQueen MM. Global Forum: Fractures in the Elderly. *Journal of Bone and Joint Surgery* 2016;98:e36. <https://doi.org/10.2106/JBJS.15.00793>.
- [19] Heiberg KE, Beckmann M, Bruun-Olsen V. Prediction of walking speed one year following hip fracture based on pre-fracture assessments of mobility and physical activity. *BMC Geriatr* 2024;24:358. <https://doi.org/10.1186/s12877-024-04926-1>.
- [20] Ortona E, Pagano MT, Capossela L, Malorni W. The Role of Sex Differences in Bone Health and Healing. *Biology (Basel)* 2023;12:993. <https://doi.org/10.3390/biology12070993>.
- [21] Almgid A, Mustafa A, Alazaydeh S, Alshawish M, Bani Mustafa M, Alfukaha H. Bone Fracture Patterns and Distributions according to Trauma Energy. *Adv Orthop* 2022;2022:1–12. <https://doi.org/10.1155/2022/8695916>.
- [22] Zaki P, Khakimov S, Hess J, Hennrikus W. Femur, Tibia, and Fibula Fractures Secondary to Youth Soccer: A Descriptive Study and Review of the Literature. *Cureus* 2020. <https://doi.org/10.7759/cureus.8185>.
- [23] Elniel AR, Giannoudis P V. Open fractures of the lower extremity. *EFORT Open Rev* 2018;3:316–25. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170072>.
- [24] Ramser M, Vach W, Strub N, Cadosch D, Saxer F, Eckardt H. The impact of specific fracture characteristics of low-energy fractures of the pelvis on mortality. *BMC Geriatr* 2022;22:669. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-03223-z>.
- [25] Bergh C, Wennergren D, Möller M, Brisby H. Fracture incidence in adults in relation to age and gender: A study of 27,169 fractures in the Swedish Fracture Register in a well-defined catchment area. *PLoS One* 2020;15:e0244291. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244291>.
- [26] Prediger B, Tjardes T, Probst C, Heu-Parvaresh A, Glatt A, dos Anjos DR, *et al.* Factors predicting failure of internal fixations of fractures of the lower limbs: a prospective

- cohort study. *BMC Musculoskelet Disord* 2021;22:798. <https://doi.org/10.1186/s12891-021-04688-6>.
- [27] Curtis EM, van der Velde R, Moon RJ, van den Bergh JPW, Geusens P, de Vries F, *et al*. Epidemiology of fractures in the United Kingdom 1988–2012: Variation with age, sex, geography, ethnicity and socioeconomic status. *Bone* 2016;87:19–26. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2016.03.006>.
- [28] Ralph JE, Jing C, Cathey J, Chang K, Anastasio AT, Helmkamp JK, *et al*. Body Mass Index and Outcomes After Pilon Fracture Fixation: A Retrospective Cohort Study. *Foot Ankle Orthop* 2025;10. <https://doi.org/10.1177/24730114251398761>.