

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sendi pergelangan kaki memiliki peran penting dalam sistem gerak karena berfungsi untuk menopang beban tubuh dan memungkinkan mobilisasi. Neuroartropati Charcot pada pergelangan kaki merupakan komplikasi neuropati perifer yang ditandai oleh proses inflamasi, mikrofraktur, kerusakan sendi, dan deformitas progresif. Kondisi ini dapat menyebabkan instabilitas, ulkus, infeksi, hingga amputasi bila tidak ditangani secara adekuat.¹⁻³ Pada neuroartropati Charcot fase lanjut yang disertai instabilitas dan deformitas yang tidak respons terhadap terapi konservatif, tindakan rekonstruksi dan stabilisasi diperlukan untuk mencapai kaki *plantigrade*, mengurangi risiko ulserasi berulang, serta mempertahankan fungsi dan kemampuan berjalan.²⁻⁴

Artrodesis tibiotalkalkaneal adalah salah satu prosedur *limb salvage* pada kerusakan sendi tibiotalar dan subtalar, termasuk pada neuroartropati Charcot. Prosedur ini bertujuan untuk menyatukan tibia, talus, dan kalkaneus sehingga tungkai distal menjadi stabil dan memungkinkan mobilisasi dengan alas kaki atau *brace* yang sesuai.⁴⁻⁷ Berbagai metode fiksasi dapat digunakan pada artrodesis tibiotalkalkaneal, namun *retrograde intramedullary nail* banyak dipilih karena memberikan stabilitas yang baik, memungkinkan koreksi *alignment*, serta dapat memberikan kompresi pada area fusi.⁴⁻⁸

Implan yang secara khusus dirancang untuk prosedur ini adalah *hindfoot nail*. Namun, pada beberapa pusat layanan dengan keterbatasan fasilitas dan ketersediaan implan, penggunaan *hindfoot nail* dapat menjadi kendala sehingga *tibial nail* sebagai alternatif perlu dipertimbangkan. Bukti mengenai penggunaan *tibial nail* untuk artrodesis tibiotalkalkaneal, khususnya pada pasien neuroartropati Charcot, masih terbatas, demikian pula data klinis lokal mengenai hasil fungsional dan komplikasinya. Oleh karena itu, evaluasi terhadap luaran tindakan ini menjadi penting, terutama pada fasilitas pelayanan kesehatan dengan keterbatasan implan khusus.^{4,6,7,9}

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi perubahan luaran fungsional pada pasien neuroartropati Charcot yang menjalani artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail*. Luaran

fungsiional diukur menggunakan skor *American Orthopaedic Foot and Ankle Society* (AOFAS) *Ankle-Hindfoot Scale* dan *Foot and Ankle Ability Measure—Activities of Daily Living* (FAAM-ADL) yang dinilai pada praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi.^{10,11} Selain itu, penelitian ini juga melaporkan komplikasi seperti infeksi, kegagalan implan, dan kebutuhan operasi revisi.^{5–7,10–13}

1.2. Landasan Teori

1.2.1. Anatomi dan biomekanik pergelangan kaki

Sendi pergelangan kaki berperan penting dalam menopang berat badan dan memungkinkan mobilisasi selama berjalan. Secara anatomis, kompleks ini terutama melibatkan sendi tibiotalar dan subtalar. Sendi tibiotalar berperan dalam gerakan dorsifleksi dan plantarfleksi, sedangkan sendi subtalar berperan dalam gerakan inversi dan eversi. Stabilitas pergelangan kaki dipengaruhi oleh struktur statis, seperti kapsul dan ligamen, serta struktur dinamis, yaitu otot-otot sekitar pergelangan kaki.¹⁴⁻¹⁶

Pemahaman mengenai anatomi dan biomekanik sendi pergelangan kaki penting dalam prosedur artrodesis karena tindakan ini bertujuan menghasilkan tungkai distal yang stabil, lurus, dan *plantigrade*. Koreksi *alignment* yang tidak adekuat dapat meningkatkan tekanan plantar abnormal, mengganggu pola berjalan, serta meningkatkan risiko *nonunion*, *malalignment*, dan ulkus berulang.^{15,17}

1.2.2. Neuroartropati Charcot

Neuroartropati Charcot merupakan kondisi destruktif progresif pada tulang dan sendi yang terjadi akibat neuropati perifer, paling sering pada pasien diabetes melitus. Patogenesisnya melibatkan hilangnya sensasi protektif, mikrotrauma berulang, disfungsi otonom, dan respons inflamasi yang menyebabkan aktivasi osteoklas, resorpsi tulang, instabilitas sendi, serta deformitas progresif.^{2,18,19} Secara klinis, fase aktif ditandai oleh bengkak, eritema, peningkatan suhu lokal, dan deformitas progresif, sementara nyeri sering minimal akibat neuropati.^{2,19}

Tujuan tatalaksana neuroartropati Charcot adalah mempertahankan kaki yang *plantigrade* dan stabil, mencegah ulkus, menurunkan risiko infeksi, serta mempertahankan kemampuan berjalan. Pada fase aktif, terapi utama berupa offloading dan imobilisasi. Namun, pada kasus dengan deformitas berat, instabilitas, atau kegagalan terapi konservatif, tindakan rekonstruksi dan artrodesis dapat dipertimbangkan sebagai upaya *limb salvage*.^{2,20} Keterlibatan pergelangan kaki memiliki arti klinis penting karena sering menyebabkan instabilitas berat dan meningkatkan risiko komplikasi jaringan lunak.²⁰

1.2.3. Arthrodesis tibiotalkalkaneal

Arthrodesis tibiotalkalkaneal merupakan prosedur *limb salvage* yang bertujuan menyatukan sendi tibiotalar dan subtalar untuk menghasilkan tungkai distal yang stabil dan *plantigrade*. Prosedur ini diindikasikan pada kondisi kompleks, seperti neuroartropati Charcot, osteonekrosis talus, artritis dengan deformitas berat, atau kegagalan operasi sebelumnya.^{4-7,12} Pada kasus neuroartropati Charcot, arthrodesis tibiotalkalkaneal dilakukan untuk mengoreksi deformitas, memperbaiki *alignment hindfoot*, mengurangi risiko ulkus berulang, dan memungkinkan pasien kembali berdiri serta berjalan dengan alat bantu atau *brace* yang sesuai.^{4,6,12}

Meskipun dapat memberikan stabilitas yang baik, prosedur ini memiliki tantangan yang cukup besar, terutama pada pasien dengan neuropati, kualitas tulang yang buruk, gangguan vaskular, atau masalah jaringan lunak. Oleh karena itu, keberhasilan arthrodesis tibiotalkalkaneal sangat dipengaruhi oleh seleksi pasien, optimasi kondisi praoperatif, pemilihan metode fiksasi, serta kepatuhan terhadap protokol *offloading* dan imobilisasi pascaoperasi.^{6,12}

1.2.4. Retrograde intramedullary nailing dan penggunaan tibial nail

Salah satu metode fiksasi yang banyak digunakan pada arthrodesis tibiotalkalkaneal adalah *retrograde intramedullary nailing*. Teknik ini dilakukan dengan memasukkan *nail* dari arah distal melalui kalkaneus, talus, hingga ke kanal medula tibia. Fiksasi intramedular ini memberikan stabilitas aksial yang baik, kontrol rotasi melalui *locking screw*, serta memungkinkan kompresi pada area fusi.^{5-7,14,17}

Implan yang dirancang khusus untuk prosedur ini adalah *hindfoot nail*. Namun, pada beberapa fasilitas pelayanan kesehatan, ketersediaan *hindfoot nail* dapat terbatas. Dalam kondisi tersebut, *tibial nail* dapat digunakan sebagai alternatif karena tetap memiliki prinsip biomekanik intramedular yang serupa, yaitu memberikan stabilitas aksial dan rotasional melalui sistem *locking*.^{4-6,9} Meskipun demikian, perbedaan desain antara *hindfoot nail* dan *tibial nail* dapat memengaruhi teknik pemasangan, koreksi *alignment*, titik masuk, serta potensi komplikasi. Oleh karena itu, evaluasi penggunaan *tibial nail* pada arthrodesis tibiotalkalkaneal, terutama pada pasien neuroartropati Charcot, menjadi penting.

1.2.5. Luaran fungsional

Keberhasilan artrodesis tibiotalkalkaneal tidak hanya dinilai dari tercapainya fusi tulang, tetapi juga dari perbaikan fungsi pasien dalam aktivitas sehari-hari. Salah satu instrumen yang sering digunakan adalah *American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) Ankle-Hindfoot Scale*, yang menilai nyeri, fungsi, dan alignment dengan total skor 100 poin. Pada pasien neuropati, interpretasi komponen nyeri harus dilakukan secara hati-hati karena sensasi nyeri dapat berkurang.¹⁰

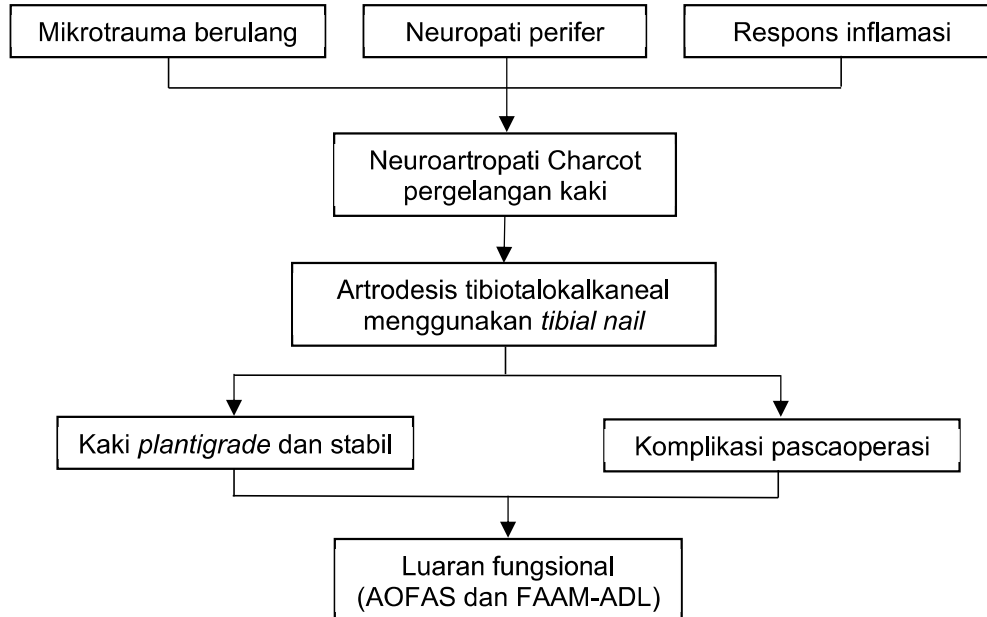
Instrumen lain yang penting adalah *Foot and Ankle Ability Measure—Activities of Daily Living (FAAM-ADL)*, yaitu *patient-reported outcome measure* yang menilai kemampuan pasien dalam aktivitas sehari-hari, seperti berjalan, naik turun tangga, berdiri lama, dan aktivitas fungsional lainnya. Skor FAAM-ADL dilaporkan dalam bentuk persentase, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan fungsi yang lebih baik.¹¹ Penggunaan AOFAS dan FAAM-ADL secara bersamaan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai luaran fungsional, baik dari sudut pandang klinisi maupun persepsi pasien.

1.2.6. Komplikasi setelah artrodesis tibiotalkaneal

Artrodesis tibiotalkaneal memiliki risiko komplikasi yang relatif tinggi, terutama pada pasien dengan neuroartropati Charcot dan diabetes. Komplikasi yang dapat terjadi meliputi infeksi, *delayed union*, *nonunion*, *malalignment*, kegagalan implan, fraktur, gangguan jaringan lunak, serta kebutuhan operasi revisi.^{6,9,12,27} Faktor-faktor seperti neuropati, osteopenia, perfusi jaringan yang buruk, infeksi, serta pembebanan terlalu dini dapat meningkatkan risiko komplikasi tersebut.^{14,17,28-30}

Pada penggunaan *retrograde intramedullary nail*, komplikasi spesifik yang dapat dijumpai antara lain migrasi implan, fraktur di lokasi masuk *nail*, iritasi jaringan lunak, dan kegagalan fiksasi.^{16,31} Oleh karena itu, keberhasilan tindakan tidak hanya ditentukan oleh teknik operasi, tetapi juga oleh evaluasi praoperatif yang baik, pemilihan implan yang sesuai, serta pemantauan pascaoperasi yang ketat untuk mendeteksi komplikasi secara dini.^{29,32}

1.3. Kerangka Teori



Gambar 1.1 Kerangka Teori

1.4. Rumusan Masalah

Apakah terdapat perubahan luaran fungsional setelah operasi artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail* pada pasien dengan neuroartropati Charcot?

1.5. Tujuan Penelitian

1.5.1. Tujuan umum

Mengevaluasi perubahan luaran fungsional setelah operasi artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail* pada pasien dengan neuroartropati Charcot.

1.5.2. Tujuan khusus

- a. Membandingkan skor AOFAS praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi.
- b. Membandingkan skor FAAM-ADL praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi.
- c. Mendeskripsikan kejadian komplikasi pascaoperasi.

1.6. Manfaat Penelitian

1.6.1. Manfaat teoritis

- a. Bagi peneliti, penelitian ini dapat menambah pengetahuan mengenai luaran fungsional setelah operasi artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail* pada pasien dengan neuroartropati Charcot.
- b. Bagi peneliti selanjutnya, penelitian ini dapat menjadi acuan dan data awal untuk penelitian lebih lanjut.

1.6.2. Manfaat aplikatif

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemilihan metode fiksasi pada artrodesis tibiotalkalkaneal, terutama di fasilitas pelayanan kesehatan dengan keterbatasan ketersediaan *hindfoot nail*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan protokol tatalaksana pasien dengan neuroartropati Charcot.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan studi pra-eksperimental dengan desain *one group pretest-posttest*. Setiap subjek dinilai pada praoperatif (*pretest*) dan diikuti penilaian ulang pada 3 bulan dan 6 bulan pascaoperasi (*posttest*).

2.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Sakit Umum Pusat (RSUP) Dr. Tadjuddin Chalid dan RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar. Penelitian dilaksanakan pada periode Januari 2024 hingga Februari 2026, yang mencakup tahap persiapan, pengumpulan data, analisis data, hingga penyusunan laporan akhir.

2.3. Populasi dan Sampel

2.3.1. Kriteria inklusi

- a. Pasien dewasa dengan neuroartropati Charcot yang menjalani artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail*.
- b. Memiliki data penilaian praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi, termasuk skor AOFAS dan FAAM-ADL.
- c. *Follow-up* minimal 6 bulan pascaoperasi.
- d. Bersedia dihubungi kembali untuk evaluasi lanjutan bila diperlukan.

2.3.2. Kriteria eksklusi

- a. Pasien dengan data rekam medis yang tidak lengkap.
- b. Pasien yang *lost to follow-up*.
- c. Pasien dengan trauma baru pada tungkai bawah yang sama setelah artrodesis tibiotalkalkaneal.

2.3.3. Teknik pengambilan sampel

Teknik pengambilan sampel dilakukan secara *total sampling*, yaitu dengan mengambil seluruh pasien yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi selama periode waktu penelitian.

2.4. Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif yang berasal dari data primer dan sekunder. Data sekunder diperoleh dari rekam medis pasien, sedangkan data primer diperoleh melalui evaluasi lanjutan atau kontak *follow-up* dengan pasien.

2.5. Variabel penelitian

2.5.1. Variabel tindakan/intervensi

Prosedur artrodesis tibiotalokalkaneal menggunakan *tibial nail*.

2.5.2. Variabel luaran

- a. Skor AOFAS.
- b. Skor FAAM-ADL.
- c. Komplikasi pascaoperasi.

2.5.3. Variabel perancu potensial (*confounding*)

- a. Usia pasien.
- b. Jenis kelamin.
- c. Indeks massa tubuh (IMT).
- d. Komorbid (diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, riwayat merokok, dan riwayat ulkus praoperatif).

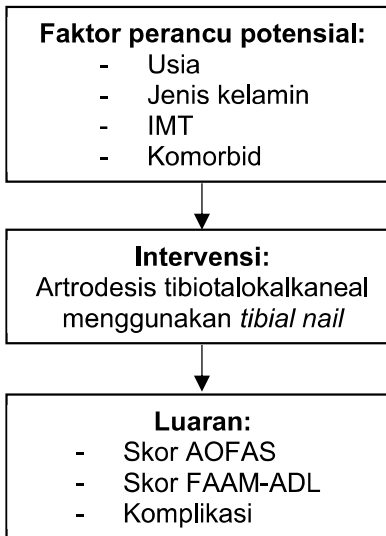
2.6. Definisi Operasional

Tabel 1 Definisi operasional dan skala pengukuran variabel penelitian

Variabel	Definisi Operasional	Skala
Skor AOFAS	Skor <i>American Orthopaedic Foot and Ankle Society</i> (AOFAS) <i>Ankle-Hindfoot Scale</i> yang mencakup subskala nyeri, fungsi, dan <i>alignment</i> , dengan skor total 0-100. Semakin tinggi skor menunjukkan fungsi yang lebih baik. Skor diukur praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi.	Interval
Skor FAAM-ADL	Skor <i>Foot and Ankle Ability Measure—Activities of Daily Living</i> , dengan skor total 0-84. Semakin tinggi skor menunjukkan fungsi yang lebih baik. Skor diukur praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi.	Interval
Komplikasi pascaoperasi	Adanya komplikasi selama masa follow-up, meliputi infeksi, kegagalan implan, dan/atau kebutuhan operasi revisi. Dicatat sebagai ada atau tidak ada, serta jenis komplikasinya.	Nominal
Usia	Umur pasien saat menjalani operasi, dinyatakan dalam tahun.	Rasio
Jenis kelamin	Jenis kelamin pasien, yaitu laki-laki atau perempuan.	Nominal
IMT	Indeks massa tubuh yang dihitung dengan rumus berat badan (kg) dibagi kuadrat tinggi badan (m ²).	Rasio
Diabetes melitus	Riwayat diagnosis diabetes melitus berdasarkan rekam medis. Dicatat sebagai ada atau tidak ada.	Nominal
Penyakit kardiovaskular	Riwayat penyakit kardiovaskular berdasarkan rekam medis. Dicatat sebagai ada atau tidak ada.	Nominal
Riwayat merokok	Riwayat kebiasaan merokok pasien berdasarkan rekam medis atau wawancara follow-up. Dicatat sebagai ada atau tidak ada.	Nominal

Riwayat ulkus praoperatif	Riwayat ulkus pada ekstremitas yang sama sebelum operasi berdasarkan rekam medis. Dicatat sebagai ada atau tidak ada.	Nominal
---------------------------	---	---------

2.7. Kerangka Konsep



Gambar 2.1 Kerangka konsep penelitian

2.8. Teknik Pengumpulan Data

Data pasien diidentifikasi melalui registri operasi dan rekam medis. Data sekunder diperoleh dengan menelusuri rekam medis pasien yang telah menjalani artrodesis tibiotalkalkaneal menggunakan *tibial nail* di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid dan RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar, selama periode Januari 2024 hingga Februari 2026. Data yang dikumpulkan meliputi karakteristik dasar pasien, yaitu usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, serta komorbid seperti diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, riwayat merokok, dan riwayat ulkus praoperatif.

Data klinis yang dikumpulkan meliputi skor AOFAS dan FAAM-ADL pada praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi, serta komplikasi pascaoperasi selama periode follow-up. Data primer diperoleh melalui evaluasi lanjutan atau kontak follow-up pasien untuk melengkapi data yang belum tersedia dalam rekam medis.

2.9. Analisis Data

Data dianalisis secara kuantitatif menggunakan perangkat lunak SPSS versi terbaru. Analisis dilakukan dalam dua tahap, yaitu analisis deskriptif dan analisis inferensial.

Pada analisis deskriptif, data numerik disajikan sebagai rerata $\pm$ simpangan baku apabila berdistribusi normal, atau median dan rentang interkuartil apabila tidak berdistribusi normal. Data kategorik disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase.

Uji normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro–Wilk. Pada analisis inferensial, skor AOFAS dan FAAM-ADL pada praoperatif, 3 bulan, dan 6 bulan pascaoperasi dibandingkan menggunakan *Repeated Measures ANOVA* apabila data berdistribusi normal. Asumsi *sphericity* dinilai menggunakan *Mauchly's test*. Apabila asumsi *sphericity* tidak terpenuhi, maka interpretasi hasil *Repeated Measures ANOVA* dilakukan dengan koreksi Greenhouse–Geisser. Apabila terdapat perbedaan bermakna, analisis dilanjutkan dengan uji *post hoc* Bonferroni. Jika data tidak berdistribusi normal, digunakan uji Friedman, dan apabila terdapat perbedaan bermakna, analisis dilanjutkan dengan uji Wilcoxon *signed-rank* dengan koreksi Bonferroni.

Komplikasi pascaoperasi dianalisis secara deskriptif dalam bentuk frekuensi dan persentase. Nilai $p < 0,05$ dianggap bermakna secara statistik. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi data.

2.10. Etika Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan setelah mendapatkan persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Setiap subjek yang datanya digunakan dalam penelitian ini dijamin kerahasiaannya dengan cara memberikan kode pada data dan tidak mencantumkan nama atau identitas langsung lainnya.

Karena penelitian ini melibatkan penelusuran data rekam medis serta komunikasi ulang dengan pasien untuk *follow-up*, maka pasien yang dihubungi diberikan penjelasan secara jelas mengenai tujuan, manfaat, dan prosedur penelitian. Pasien memberikan persetujuan tertulis (*informed*

consent) sebelum berpartisipasi lebih lanjut. Partisipasi bersifat sukarela dan pasien berhak menolak atau menarik diri dari penelitian kapan saja tanpa mempengaruhi perawatan medis yang diterimanya.

Peneliti menjaga seluruh prinsip etik dalam penelitian, meliputi prinsip *autonomy*, *nonmaleficence*, *beneficence*, dan *justice*. Data pasien hanya digunakan untuk kepentingan penelitian ini dan tidak akan disebarluaskan di luar konteks ilmiah.

BAB III

HASIL PENELITIAN

3.1. Deskripsi Lokasi dan Subjek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid dan RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo, Makassar. Penelitian ini merupakan studi pra-eksperimental dengan desain *one group pretest-posttest* untuk mengevaluasi luaran fungsional pasien neuroartropati Charcot setelah menjalani operasi artrodesis tibiotalkaneal menggunakan *tibial nail*.

Berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan, diperoleh total sampel sebanyak 9 pasien ($n = 9$). Seluruh 9 pasien memenuhi *follow-up* sampai 6 bulan. Pengumpulan data dilakukan melalui rekam medis dan evaluasi klinis langsung, yang meliputi wawancara dan pemeriksaan fisik, pada periode praoperatif serta *follow-up* 3 bulan dan 6 bulan pascaoperasi.

3.2. Karakteristik Subjek Penelitian

Data karakteristik dasar subjek meliputi data demografi (usia, jenis kelamin, IMT) dan data klinis (riwayat merokok, trauma, ulkus, serta komorbiditas diabetes dan kardiovaskular).

3.2.1. Karakteristik demografi

Tabel 2 Distribusi karakteristik demografi pasien ($n = 9$)

Karakteristik	Kategori	Frekuensi (n)	Persentase (%)	Rerata $\pm$ SD
Usia (tahun)				56,8 $\pm$ 6,9 tahun
	< 50	1	11,1%	
	50 - 60	5	55,6%	
	> 60	3	33,3%	
Jenis Kelamin	Laki-laki	4	44,4%	
	Perempuan	5	55,6%	
IMT (kg/m ²)				27,25 $\pm$ 4,24