

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

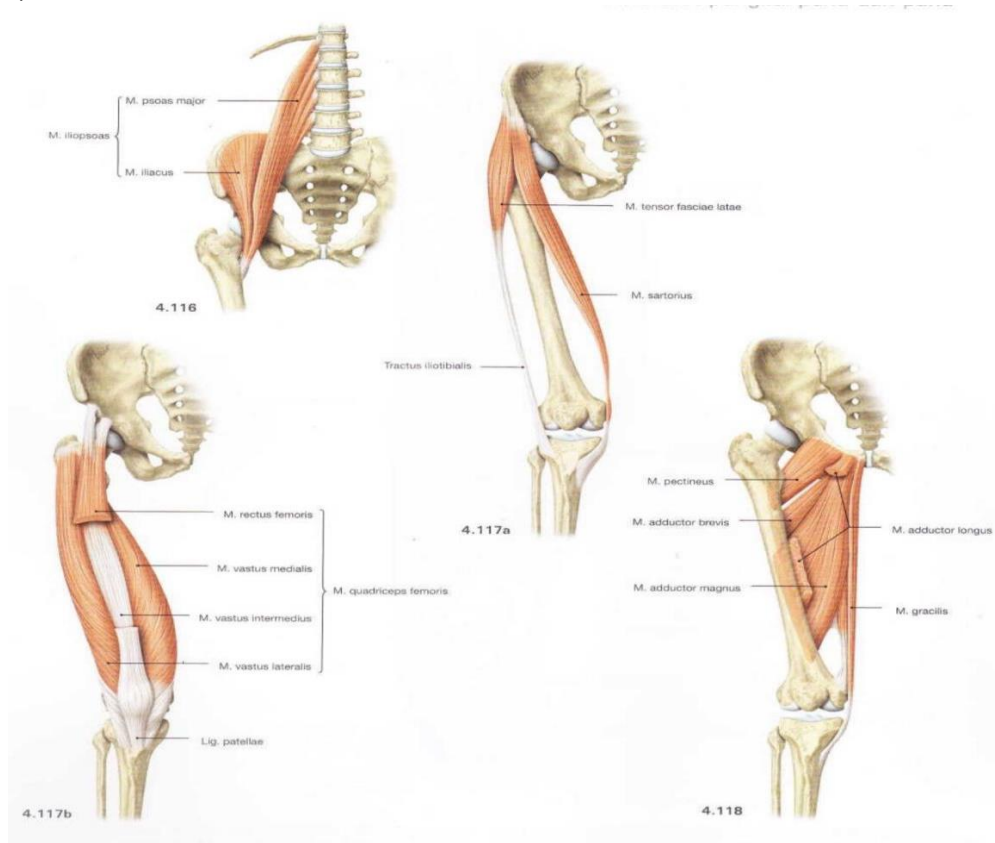
2.1 Anatomi tulang dan otot

Ekstremitas bawah tubuh manusia terdiri dari berbagai otot dan tulang yang bekerja sama untuk memberikan stabilitas, dukungan, dan memfasilitasi gerakan. Salah satu struktur kunci pada ekstremitas bawah adalah tulang paha, atau tulang paha, yang merupakan tulang terpanjang dan terkuat dalam tubuh. Tulang paha terhubung ke sendi pinggul di ujung proksimalnya dan membentuk sendi lutut di ujung distalnya, di mana ia bertemu dengan tibia dan fibula (Bordoni & Varacallo, 2023). Tulang-tulang ini, bersama dengan patela atau tempurung lutut, membentuk struktur tulang utama pada ekstremitas bawah, memberikan kerangka yang kokoh untuk bergerak dan menahan beban (Meskell, 2020).

Ekstremitas bawah juga terdiri dari beberapa kelompok otot utama yang memainkan peran penting dalam pergerakan. Otot paha depan, yang terletak di bagian depan paha, termasuk rektus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, dan vastus intermedius (Paulsen & Warschke, 2018). Otot-otot ini bertanggung jawab untuk memperpanjang sendi lutut dan sangat penting untuk aktivitas seperti berjalan, berlari, dan melompat. Di sisi posterior paha, paha belakang terdiri dari otot bisep femoris, semitendinosus, dan semimembranosus. Otot-otot ini berfungsi untuk melenturkan sendi lutut dan ekstensi pinggul (Binstead *et al.*, 2023).

Selain otot paha, ekstremitas bawah termasuk otot betis. Otot betis terdiri dari otot gastrocnemius dan soleus, yang bergabung membentuk tendon Achilles (Netter, 2016). Otot betis adalah fleksor plantar yang kuat, bertanggung jawab untuk mengarahkan kaki ke bawah dan memberikan dorongan selama aktivitas seperti berjalan dan berlari. Otot penting lainnya

dari ekstremitas bawah termasuk otot gluteal, adduktor pinggul, penculik pinggul, dan otot-otot kaki dan pergelangan kaki (Tortora & Derrickson, 2009).

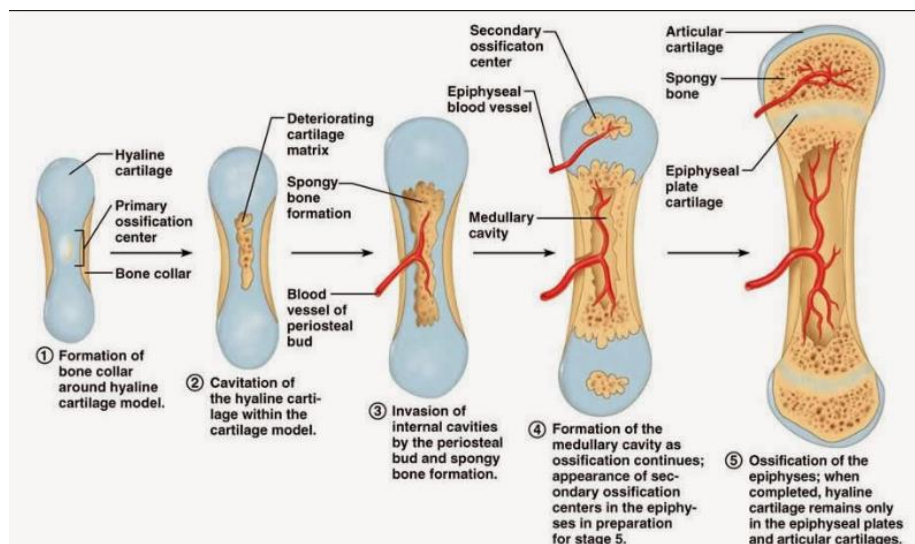


Gambar 2.1 Anatomi tulang dan otot paha (Paulsen & Warschke, 2018)

Tindakan terkoordinasi otot dan tulang di ekstremitas bawah sangat penting untuk menjaga keseimbangan, stabilitas, dan menghasilkan kekuatan untuk bergerak. Apakah itu berjalan, berlari, atau melompat, otot dan tulang ekstremitas bawah bekerja sama untuk menopang berat badan, menyerap benturan, dan menghasilkan gerakan yang terkontrol (Tortora & Derrickson, 2009). Memahami anatomi dan fungsi struktur ini sangat penting bagi profesional perawatan kesehatan, atlet, dan individu yang ingin mempertahankan kesehatan dan kinerja ekstremitas bawah yang optimal (Khonsary, 2017).

2.2 Fisiologi tulang dan otot

Fisiologi tulang dan otot adalah sistem yang kompleks dan saling berhubungan yang memungkinkan pergerakan, dukungan, dan perlindungan tubuh manusia. Tulang adalah jaringan dinamis yang mengalami renovasi konstan, sedangkan otot memberikan kekuatan yang diperlukan untuk bergerak. Tulang memainkan peran penting dalam struktur dan fungsi tubuh. Mereka memberikan dukungan dan perlindungan pada organ dalam, otot jangkak, dan menyimpan mineral seperti kalsium dan fosfor. Fisiologi tulang melibatkan dua proses utama: pengerasan dan resorpsi. Osifikasi adalah pembentukan jaringan tulang baru, yang terjadi selama pertumbuhan dan perbaikan. Osteoblas bertanggung jawab untuk mensintesis dan menyimpan bahan tulang baru, sementara osteoklas memecah dan membuang jaringan tulang tua atau rusak melalui resorpsi. Proses remodeling tulang yang dinamis ini memastikan pemeliharaan kekuatan dan integritas tulang (Meskell, 2020).



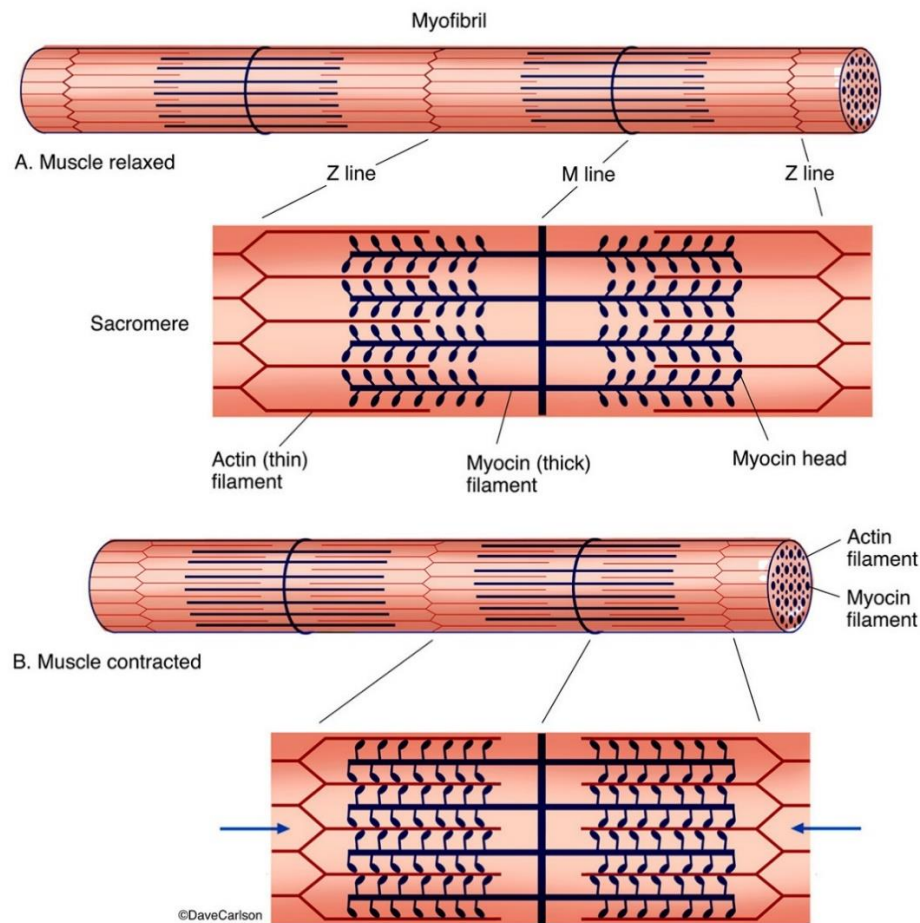
Gambar 2.2 Pembentukan tulang (Tortora & Derrickson, 2009)

Otot, di sisi lain, bertanggung jawab untuk menghasilkan kekuatan dan memungkinkan gerakan. Jaringan otot terdiri dari sel-sel kontraktil yang panjang yang disebut serat otot (Sherwood, 2016). Ada tiga jenis otot dalam tubuh: otot rangka, jantung, dan polos. Otot rangka melekat pada tulang

melalui tendon dan berada di bawah kendali sukarela. Mereka memungkinkan gerakan sadar seperti berjalan, berlari, dan mengangkat benda (Sherwood, 2016). Otot jantung hanya ditemukan di jantung dan bertanggung jawab atas kontraksi ritmisnya. Otot polos terletak di dinding organ dalam dan pembuluh darah, dan mereka mengontrol gerakan tak sadar, seperti pencernaan dan pengaturan aliran darah (Sherwood, 2016).

Kontraksi otot adalah proses kompleks yang melibatkan interaksi antara aktin dan miosin, dua protein yang ditemukan di dalam serat otot. Saat otot menerima sinyal dari sistem saraf, ion kalsium dilepaskan, memicu serangkaian reaksi biokimia (Khonsary, 2017). Hal ini menyebabkan pergeseran filamen aktin di atas filamen miosin, memperpendek serat otot dan menghasilkan tenaga (Khonsary, 2017). *Adenosine triphosphate* (ATP) menyediakan energi yang dibutuhkan untuk kontraksi otot. Intensitas dan durasi kontraksi otot dapat disesuaikan berdasarkan gaya yang dibutuhkan untuk aktivitas tertentu (Khonsary, 2017).

Hubungan antara tulang dan otot saling bergantung. Otot menempel pada tulang melalui tendon, memungkinkan mereka mengerahkan kekuatan dan menghasilkan gerakan (Sherwood, 2016). Pada gilirannya, tulang memberikan kerangka yang kaku untuk menarik otot, meningkatkan efisiensi dan efektivitas gerakan. Aktivitas fisik dan olahraga teratur memainkan peran penting dalam menjaga kesehatan tulang dan otot (Troy *et al.*, 2018). Latihan menahan beban, seperti berjalan atau angkat beban, merangsang remodeling tulang dan membantu menjaga kepadatan tulang. Selain itu, latihan ketahanan dan latihan aerobik berkontribusi pada kekuatan otot, daya tahan, dan kebugaran secara keseluruhan (Khonsary, 2017).



Gambar 2.3 Kontraksi otot (Sherwood, 2016)

Dengan demikian, fisiologi tulang dan otot saling terkait secara rumit, memungkinkan gerakan, dukungan, dan perlindungan tubuh manusia. Tulang mengalami renovasi konstan melalui proses pengerasan dan resorpsi, memastikan kekuatan dan integritasnya. Otot berkontraksi dan menghasilkan kekuatan, memungkinkan gerakan sukarela dan tidak disengaja. Interaksi antara protein aktin dan miosin dalam serat otot memungkinkan kontraksi otot. Hubungan antara tulang dan otot saling menguntungkan, dengan tulang memberikan kerangka untuk perlekatan otot dan otot mengerahkan kekuatan pada tulang untuk bergerak. Aktivitas fisik dan olahraga teratur sangat penting untuk menjaga kesehatan dan fungsi tulang dan otot (Sherwood, 2016).

2.3 Cedera ekstremitas bawah

Cedera ekstremitas bawah mengacu pada cedera yang terjadi di bagian bawah tubuh, khususnya kaki, pergelangan kaki, kaki, dan struktur terkait. Cedera ini dapat melibatkan tulang, otot, tendon, ligamen, dan sendi di ekstremitas bawah (Hearn *et al.*, 2021). Mereka dapat disebabkan oleh berbagai penyebab, termasuk trauma, penggunaan berlebihan, aktivitas yang berhubungan dengan olahraga, kecelakaan, dan gerakan berulang.

Cedera ekstremitas bawah di militer merujuk pada cedera muskuloskeletal yang secara khusus memengaruhi kaki, pergelangan kaki, dan kaki personel militer (Sammito *et al.*, 2021). Cedera ini sangat umum karena sifat operasi militer yang menuntut fisik, yang melibatkan aktivitas seperti berlari, berbaris, membawa beban berat, dan menavigasi medan yang tidak rata. Cedera ekstremitas bawah di militer dapat mencakup cedera ligamen, tendon, otot, sendi, fraktur, fraktur stress, dan *overuse injury* (Fallowfield *et al.*, 2018). Cedera ini dapat berdampak signifikan terhadap kesiapan operasional personel militer, karena dapat menyebabkan rasa sakit, keterbatasan fungsional, dan mobilitas yang berkurang (I Dijkma, 2020). Pelatihan yang tepat, pengondisian yang memadai, alas kaki yang tepat, dan program pencegahan cedera sangat penting untuk mengurangi kejadian dan dampak cedera ekstremitas bawah di lingkungan militer, memastikan kesehatan dan efektivitas personel militer (Müller-Schilling *et al.*, 2019).

2.4 Klasifikasi cedera ekstremitas bawah

Cedera ekstremitas bawah di militer dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori berdasarkan daerah yang terkena dan sifat cedera. Satu sistem klasifikasi umum membagi cedera ini menjadi cedera akut dan cedera berlebihan (Isern-Kebschull *et al.*, 2020). Cedera akut terjadi secara tiba-tiba dan seringkali merupakan akibat dari trauma, seperti patah tulang, dislokasi, keseleo, dan tegang. Cedera ini dapat disebabkan oleh jatuh, pukulan langsung, atau kekuatan ledakan yang ditemui selama

pertempuran atau latihan (Hunzinger *et al.*, 2023). Cedera akibat penggunaan berlebihan, di sisi lain, berkembang secara bertahap dari waktu ke waktu karena gerakan berulang, beban latihan yang berlebihan, atau periode pemulihan yang tidak memadai. Contoh cedera yang berlebihan di militer termasuk fraktur stres, tendinopathies, dan bursitis (Takkar & Prabhakar, 2019). Cedera ini sering dikaitkan dengan aktivitas berulang seperti berbaris, berlari, atau membawa beban berat.

2.5 Patofisiologi cedera ekstremitas bawah

Cedera muskuloskeletal melibatkan interaksi yang kompleks dari faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kerusakan jaringan dan gejala selanjutnya. Salah satu mekanisme utamanya adalah tekanan mekanis yang berlebihan atau trauma yang terjadi pada ekstremitas bawah selama aktivitas militer (Sammito *et al.*, 2021). Hal ini dapat mengakibatkan cedera akut seperti patah tulang, keseleo, atau tegang. Cedera akibat penggunaan berlebihan, yang berkembang secara bertahap dari waktu ke waktu, seringkali merupakan akibat dari gerakan berulang, aktivitas menahan beban yang berkepanjangan, dan periode pemulihan yang tidak memadai (Cameron *et al.*, 2022). Cedera yang berlebihan ini dapat memengaruhi struktur seperti tulang, otot, tendon, ligamen, dan persendian.

Dalam kasus fraktur stres, beban berulang dan gaya tumbukan melebihi kemampuan tulang untuk memperbaiki dirinya sendiri, menyebabkan fraktur mikro di jaringan tulang (Bulathsinhala *et al.*, 2017). Ketegangan konstan melemahkan tulang yang terkena, mengakibatkan rasa sakit, bengkak, dan patah tulang potensial jika tidak ditangani. Otot dan tendon juga dapat dipengaruhi oleh penggunaan berlebihan, yang menyebabkan kondisi seperti tendinopati, sprain dan strain (Tang *et al.*, 2022). Cedera ini melibatkan kerusakan serat kolagen pada jaringan yang terkena akibat regangan berulang, mengakibatkan rasa sakit, pembengkakan, dan keterbatasan fungsional (Takkar & Prabhakar, 2019b).

Selain itu, cedera muskuloskeletal bagian bawah dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti pengkondisian yang tidak memadai, kelelahan, dan peralatan atau alas kaki yang tidak memadai (Helton *et al.*, 2019). Kurangnya kekuatan otot, fleksibilitas, dan proprioception yang tepat dapat meningkatkan risiko cedera. Kelelahan dapat merusak koordinasi otot dan meningkatkan kemungkinan salah langkah atau jatuh, yang menyebabkan cedera traumatis (Lee *et al.*, 2020). Peralatan yang tidak memadai atau alas kaki yang tidak pas dapat menyebabkan biomekanik yang tidak normal, distribusi berat yang tidak merata, dan peningkatan tekanan pada ekstremitas bawah, yang membuat mereka rentan terhadap cedera (Willems *et al.*, 2019).

Secara keseluruhan, patofisiologi cedera ekstremitas bawah di militer melibatkan kombinasi stres mekanik, penggunaan berlebihan, kerusakan jaringan, dan gangguan biomekanik (Aicale *et al.*, 2018). Memahami mekanisme yang mendasari ini sangat penting untuk menerapkan langkah-langkah pencegahan, mengoptimalkan protokol pelatihan, dan menyediakan strategi rehabilitasi yang tepat untuk meminimalkan kejadian dan dampak cedera ini pada personel militer (Kardouni *et al.*, 2021).

2.6 Diagnosis cedera ekstremitas bawah

Diagnosis cedera ekstremitas bawah sangat diperlukan guna mencari masalah atau penyebab terjadinya suatu penyakit. Dalam diagnosis, diperlukan pendekatan sistematis meliputi evaluasi klinis, studi pencitraan, dan, dalam beberapa kasus, tes diagnostik tambahan (Ishøi *et al.*, 2020).

Penilaian klinis, hal ini meliputi riwayat menyeluruh diperoleh untuk memahami gejala pasien, mekanisme cedera, dan kondisi medis sebelumnya atau faktor yang relevan. Pemeriksaan fisik dilakukan untuk menilai area yang terkena, mengidentifikasi tanda-tanda peradangan atau pembengkakan, palpasi untuk kelembutan atau kelainan bentuk, dan

mengevaluasi rentang gerak (Cooke *et al.*, 2020). Tes khusus dapat dilakukan untuk menilai integritas ligamen, stabilitas sendi, dan kekuatan otot. Penilaian klinis ini membantu memandu penyelidikan lebih lanjut dan keputusan pengobatan.

Selanjutnya, terdapat pencitraan yang memainkan peran penting dalam mendiagnosis dan menilai sejauh mana cedera ekstremitas bawah. Sinar-X umumnya digunakan sebagai modalitas pencitraan awal untuk mengevaluasi patah tulang, dislokasi, atau kelainan sendi (Meyer *et al.*, 2018). Namun, untuk cedera jaringan lunak, seperti keseleo ligamen, robekan tendon, atau cedera otot, teknik pencitraan lain mungkin diperlukan. *Magnetic Resonance Imaging* (MRI) memberikan visualisasi terperinci dari jaringan lunak, termasuk ligamen, tendon, dan otot, membantu mendeteksi robekan, pembengkakan, atau kelainan struktural lainnya (Isern-Kebschull *et al.*, 2020b). Ultrasonografi adalah alat pencitraan lain yang berharga untuk mengevaluasi cedera jaringan lunak, terutama untuk masalah terkait tendon atau otot (Meyer *et al.*, 2018). Selain itu, pemindaian tomografi terkomputasi (CT) dapat digunakan untuk memberikan gambar detail struktur tulang dan membantu dalam menilai patah tulang atau cedera kompleks (Latos *et al.*, 2022).

Dalam kasus tertentu, tes diagnostik tambahan mungkin diperlukan untuk melengkapi temuan klinis dan pencitraan. Ini mungkin termasuk tes laboratorium untuk menilai penanda peradangan, jumlah sel darah, atau penanda khusus untuk kondisi tertentu. Injeksi sendi atau otot diagnostik dapat dilakukan untuk memastikan sumber rasa sakit atau mengevaluasi keefektifan pilihan pengobatan (Ishøi *et al.*, 2020).

2.7 Prognosis & komplikasi cedera ekstremitas bawah

Prognosis cedera ekstremitas bawah di militer bergantung pada berbagai faktor, termasuk cedera spesifik, tingkat keparahan, perawatan yang diterima, dan karakteristik individu pasien. Dengan intervensi medis yang tepat waktu dan tepat, banyak cedera ekstremitas bawah dapat

memberikan hasil yang baik, memungkinkan personel militer untuk mendapatkan kembali fungsi penuh atau hampir penuh dan kembali bertugas (Ishøi *et al.*, 2020). Namun, prognosisnya dapat bervariasi secara signifikan, dan beberapa cedera mungkin memiliki efek jangka panjang pada kemampuan fisik dan kesejahteraan individu secara keseluruhan (Yu *et al.*, 2021). Komplikasi cedera ekstremitas bawah pada militer dapat timbul dari berbagai faktor. Perawatan yang tertunda atau tidak memadai dapat menyebabkan waktu penyembuhan yang lama, peningkatan risiko infeksi, dan berkembangnya nyeri atau kecacatan kronis (Cholok *et al.*, 2022).

Dalam beberapa kasus, komplikasi seperti osteoarthritis pasca-trauma atau sindrom nyeri regional kompleks dapat muncul, yang selanjutnya berdampak pada kualitas hidup individu dan kemampuan untuk melakukan tugas militer. Selain itu, cedera ekstremitas bawah juga dapat meningkatkan risiko cedera selanjutnya atau memengaruhi kesehatan muskuloskeletal jangka panjang seseorang, yang berpotensi menyebabkan masalah berulang atau kondisi kronis (Delahunt & Remus, 2019).

Komplikasi psikologis dan emosional juga patut dipertimbangkan. Cedera ekstremitas bawah dapat berdampak signifikan pada kesejahteraan mental anggota dinas militer, berpotensi menimbulkan perasaan frustrasi, depresi, atau kecemasan (Chin & Zeber, 2020). Tantangan yang terkait dengan berkurangnya fungsi fisik, pemulihan yang berkepanjangan, dan potensi keterbatasan tugas militer dapat memengaruhi moral individu dan ketahanan psikologis secara keseluruhan. Mengatasi aspek psikologis ini melalui program dukungan, konseling, dan rehabilitasi yang tepat sangat penting untuk memastikan pemulihan holistik dan keberhasilan reintegrasi personel militer dengan cedera ekstremitas bawah (Ryu *et al.*, 2023).

2.8 Hasil Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu mencakup analisis dari berbagai sumber ilmiah terkemuka, memberikan landasan serta pembandingan yang penting dalam perencanaan penelitian saat ini. Evaluasi kekurangan dan kelebihan penelitian sekarang dibandingkan dengan temuan penelitian terdahulu sangat diperlukan untuk menghindari kesan kemiripan. Hal ini tercantum dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu

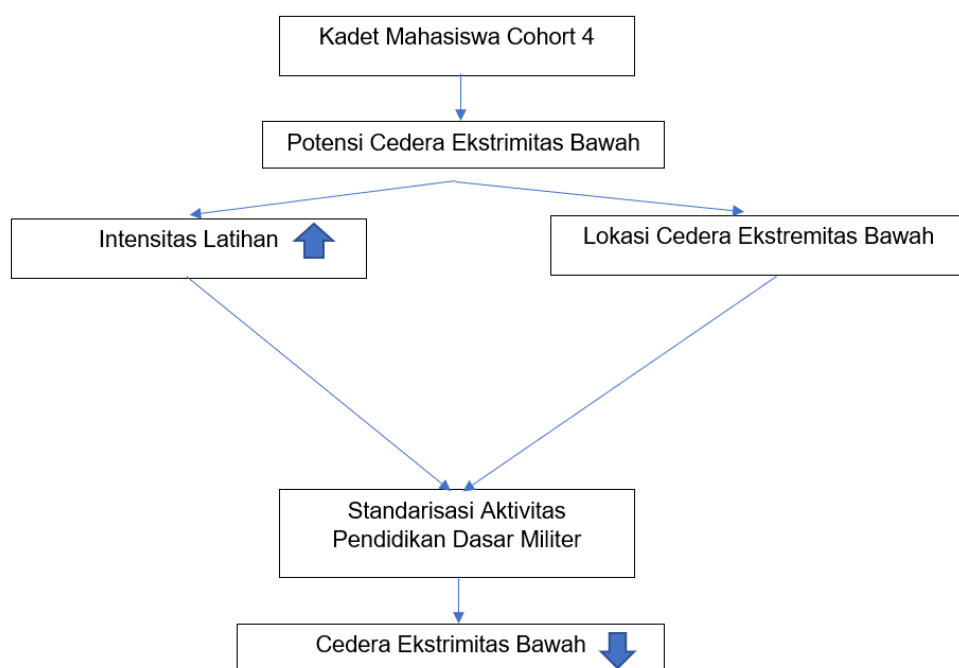
No	Penulis (Tahun)	Judul Penelitian	Tujuan dan Metode	Hasil Penelitian
1	Vähi et al., 2023	Musculoskeletal Injury Risk in a Military Cadet Population Participating in an Injury-Prevention Program	<p><u>Tujuan:</u> untuk mengetahui pengaruh program pencegahan cedera berbasis olahraga terhadap kejadian cedera muskuloskeletal, kinerja motorik dan status psikososial</p> <p><u>Metode:</u> Analitik Kuantitatif</p>	Terdapat pengurangan resiko sebesar 20 % pada kelompok intervensi (INT) dibandingkan kelompok kontrol (CON). Dan ditemukan, cedera paling sering adalah cedera karena latihan berlebihan, serta cedera di daerah ekstremitas bawah & atas
2	Hearn et al., 2021	Lower Extremity Musculoskeletal Injury in US Military Academy Cadet Basic Training: A Survival Analysis Evaluating Sex, History of Injury, and Body Mass Index	<p><u>Tujuan:</u> untuk menganalisis tingkat cedera muskuloskeletal pada ekstremitas bawah selama pelatihan dasar kadet di West Point, AS, dengan menggunakan analisis kelangsungan hidup dan mempertimbangkan faktor-faktor seperti jenis kelamin, riwayat cedera sebelumnya, dan indeks massa tubuh, guna memberikan pemahaman lebih hubungan intensitas latihan dengan cedera muskuloskeletal pada ekstremitas bawah.</p> <p><u>Metode:</u> Analitik Kuantitatif</p>	Penelitian ini melibatkan 595 kadet, dengan 76,8% di antaranya adalah laki-laki. Dari peserta, 29,9% memiliki riwayat cedera sebelumnya, dan 93,3% memiliki IMT antara 20 dan 30. Selama masa tindak lanjut, 16,3% kadet mengalami cedera, dengan tingkat yang lebih tinggi diamati di antara kadet perempuan (29,7%) dibandingkan dengan kadet laki-laki.

3	Baker <i>et al.</i> , 2022 Concussions Increase the Odds of Lower-Extremity Injuries in National Football League Players: Four-Year Review of Publicly Available Data	<u>Tujuan:</u> untuk mengeksplorasi mengenai cedera pada bagian ekstremitas bawah pada pemain National Football League (NFL), melalui analisis empat tahun data publik, dengan harapan memberikan lokasi spesifik cedera untuk meningkatkan perlindungan dan manajemen cedera di dalam olahraga tersebut.	Studi ini menunjukkan bahwa pemain National Football League (NFL) yang mengalami cedera otak meningkatkan kemungkinan mengalami cedera pada ekstremitas bawah. Hasil penelitian lebih spesifik mengindikasikan bahwa pemain yang mengalami gegar otak memiliki risiko yang lebih tinggi untuk mengalami cedera pada bagian ankle, lutut, atau bagian bawah tubuh lainnya. Dengan kata lain, dampak dari cedera otak tampaknya memiliki korelasi dengan cedera pada area ekstremitas bawah dalam konteks pemain NFL.
		<u>Metode:</u> Analitik Kuantitatif	

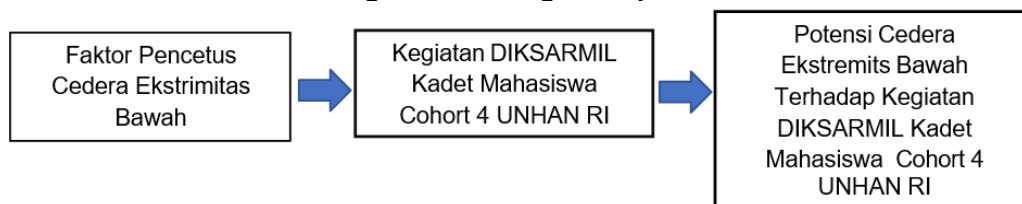
2.9 Kerangka Berpikir

Menurut Sugiyono mengemukakan bahwa, kerangka berfikir merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting (Sugiyono, 2021). Konteks yang dimaksud untuk kerangka penelitian. Dalam menjalankan sebuah penelitian yang membutuhkan kerangka berpikir, langkah lebih baiknya jika hal tersebut mampu menjelaskan secara teoritis sekaligus juga bisa menjelaskan hubungan antara *variable* yang diangkat. Jadi peneliti bisa menjelaskan hubungan antara *variable independen & variable dependent*.

Untuk mempermudah analisis dalam penelitian ini maka secara sederhana dibuat suatu kerangka berpikir dan teori seperti gambar berikut:



Bagan 2.1 Kerangka Berpikir



Bagan 2.2 Kerangka Teori

2.10 Hipotesis

Berdasarkan kerangka konsep penelitian diatas, maka ditetapkan hipotesis dalam penelitian ini yaitu:

1. Ada lokasi spesifik dari cedera ekstremitas bawah pada kadet mahasiswa cohort 4 secara subjektif setelah kegiatan pendidikan militer dasar.
2. Adanya pengaruh kategori latihan fisik berdampak pada risiko cedera ekstremitas bawah pada kadet mahasiswa cohort 4 selama kegiatan pendidikan dasar militer

Dengan menyelidiki hipotesis ini, strategi dapat dikembangkan untuk mengoptimalkan protokol pelatihan, menerapkan program pencegahan cedera, dan meningkatkan keselamatan dan kesejahteraan anggota militer secara keseluruhan selama kegiatan pendidikan dasar.