



Peran Biomekanika dalam Pencegahan Cedera pada Atlet Karate: Suatu Review Sistematis

Mohammad Noval Baghaskara^{1*}, Muhammad Zaidan Barki Muslim²,
Abdul Aziz Hakim³, Achmad Widodo⁴
¹⁻⁴ Universitas Negeri Surabaya, Indonesia

Alamat: Universitas Negeri Surabaya, Jl. Lidah Wetan, Lidah Wetan, Kec. Lakarsantri,
Kota Surabaya, 60231, Indonesia

Korespondensi penulis: m.novalbagaskara@gmail.com*

Abstract. *This study aims to examine the role of biomechanics in preventing injuries in karate athletes through a systematic review. The research method follows the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) framework with a literature search in the Science Direct database, Google Scholar, and the use of tools such as VOSviewer and Publish or Perish. Studies that met the inclusion criteria (10 articles) were analyzed to identify injury patterns, biomechanical factors, and prevention strategies. The results showed that the most common injuries in karate athletes were contusions, calf muscle strains, and finger sprains, which were related to force distribution, extreme joint angles, and postural control. Biomechanical analysis (motion capture, EMG, force plate) proved that technique correction, proprioception training, stabilizing muscle strengthening, and balance training could reduce the risk of injury by up to 20%. Significant differences were found between novice and elite athletes in terms of movement consistency and neuromuscular control. The integration of biomechanical principles with karate philosophy (mushin, zanshin, kime) was also emphasized to maintain a balance between performance and cultural values. Limitations of the study include heterogeneity of measurement instruments and potential publication bias. Future recommendations include longitudinal studies, development of portable devices (IMUs), and personalization of training programs based on individual biomechanical profiles.*

Keywords: *Biomechanics, Injury Prevention, Karate Athletes.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peran biomekanika dalam pencegahan cedera pada atlet karate melalui tinjauan sistematis. Metode penelitian mengikuti kerangka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) dengan pencarian literatur di database Science Direct, Google Scholar, dan penggunaan alat bantu seperti VOSviewer dan Publish or Perish. Studi yang memenuhi kriteria inklusi (10 artikel) dianalisis untuk mengidentifikasi pola cedera, faktor biomekanik, serta strategi pencegahan. Hasil menunjukkan bahwa cedera paling umum pada atlet karate adalah memar, strain otot betis, dan terkilir jari tangan, yang berkaitan dengan distribusi gaya, sudut sendi ekstrem, dan kontrol postur. Analisis biomekanik (motion capture, EMG, force plate) membuktikan bahwa koreksi teknik, pelatihan proprioepsi, penguatan otot penstabil, dan latihan keseimbangan dapat mengurangi risiko cedera hingga 20%. Perbedaan signifikan ditemukan antara atlet pemula dan elite dalam hal konsistensi gerakan dan kontrol neuromuskular. Integrasi prinsip biomekanika dengan filosofi karate (mushin, zanshin, kime) juga ditekankan untuk menjaga keseimbangan antara performa dan nilai kultural. Keterbatasan penelitian meliputi heterogenitas alat ukur dan potensi bias publikasi. Rekomendasi masa depan mencakup studi longitudinal, pengembangan alat portabel (IMU), dan personalisasi program latihan berbasis profil biomekanik individu.

Kata kunci: Biomekanika, Pencegahan Cedera, Atlet Karate.

1. LATAR BELAKANG

Karate merupakan olahraga beladiri yang juga telah menjadi olahraga prestasi. Gerakan dalam karate melibatkan koordinasi kompleks antara kekuatan, kecepatan, dan fleksibilitas tubuh. (Indrajaya, 2017) "Karate berasal dari dua kata dalam huruf kanji "kara" yang bermakna kosong dan "te" berarti tangan, sehingga makna keduanya "tangan kosong". Karate berarti sebuah seni beladiri yang memungkinkan seseorang mempertahankan diri tanpa senjata".

Dalam beladiri karate, selain diajarkan teknik dasar pukulan, tendangan, tangkisan, dan bantingan, juga terdapat nilai-nilai filosofis yang positif. Di karate memiliki komponen yang penting yaitu kata dan kumite, yang menjadi tolok ukur perkembangan teknik dan strategi seorang karateka. Perpaduan latihan kata dan kumite secara seimbang meningkatkan ketahanan fisik serta kesiapan mental dalam setiap pertandingan..(Prasetya Adi, 2024)

Kata merupakan rangkaian beberapa Kihon (gerakan dasar seperti kuda-kuda, pukulan dan tendangan dalam beladiri karate) yang disusun melalui proses panjang pada masa lalu ke dalam sebuah bentuk khusus yang memiliki nilai keindahan, arti filosofi yang tinggi, serta diatur oleh sebuah standardisasi yang baku dalam penerapannya. Kumite adalah pertarungan dua orang yang saling berhadapan, saling menampilkan teknik-teknik terbaik dan tetap tunduk dalam aturan yang sangat ketat, Meskipun latihan kata dan komite dilakukan dengan adanya alat pelindung dan kehati-hatian tidak menutup kemungkinan untuk tidak terjadinya cedera pada atlet atau karateka tersebut.(Indrajaya, 2017) Menurut penelitian dari Wibowo (2008) menjelaskan bahwa cedera olahraga adalah segala macam cedera yang timbul pada saat latihan, bertanding, atau sesudah bertanding. Lebih lanjut, Wibowo (2008) menjelaskan bahwa cedera dapat disebabkan oleh tiga faktor utama. Pertama, external violence, yaitu cedera yang terjadi akibat pengaruh dari luar diri atlet, seperti peralatan olahraga atau kondisi lingkungan sekitar yang dapat memicu terjadinya cedera. Kedua, internal violence, yaitu cedera yang berasal dari dalam diri atlet, misalnya kurangnya pemanasan, rendahnya konsentrasi, atau kondisi fisik dan mental yang lemah. Ketiga, over-use, yaitu cedera yang disebabkan oleh penggunaan otot secara berlebihan atau kelelahan yang ekstrem.

Berdasarkan dampaknya pada tubuh, Menurut penelitian dari Wibowo (2008) mengklasifikasikan cedera menjadi dua, yaitu : cedera ringan, yakni cedera yang tidak menyebabkan kerusakan parah pada jaringan tubuh, seperti kelelahan atau keram otot; dan (2) cedera berat, yakni cedera yang mengakibatkan rusaknya jaringan dalam tubuh dan perlu penanganan lebih lanjut untuk segera pulih.(Herfinanda & Rahmandani, 2022).

Menurut penelitian dari andri dan fatkur rohman menjelaskan bahwa jenis cedera olahraga yang sering dialami oleh atlet karate di club karate INKAI Adli KBD Desa Petiken Driyorejo Gresik ialah cedera memar (57% kategori cukup), cedera otot tertarik (strain) pada bagian betis (52% kategori cukup) dan cedera terkilir pada bagian jari tangan (48% kategori cukup). Sedangkan, cedera yang jarang dialami atlet karate di club karate INKAI Adli KBD Desa Petiken Driyorejo Gresik adalah cedera memar pada bagian mulut (27% kategori lemah), pendarahan pada bagian mulut (28% kategori lemah), dan cedera faktor pakaian (28% kategori lemah). Selain itu, Bagian tubuh yang sering terjadi cedera

olahraga yaitu lengan, betis, dan jari tangan. Penyebab terjadinya cedera dikarenakan adanya benturan yang dialami oleh para atlet saat proses berlatih karate, maka dari itu Biomekanika memegang peran penting dalam menjelaskan dan mencegah pola cedera. (Pratama et al., 2024)

Biomekanika merupakan ilmu yang membahas aspek-aspek mekanika gerakan tubuh manusia, sebagai gabungan keilmuan mekanika, antropometri, serta dasar ilmu kedokteran (biologi dan fisiologi) (Mas'idah et al., n.d.). Dalam konteks pencak silat, sport biomechanics digunakan untuk menganalisis pola gerak dan distribusi gaya pada setiap teknik—tendangan, pukulan, jatuhan, dan pasang—serta untuk mengidentifikasi titik-titik beban berlebih (overload) dan potensi cedera pada sendi serta jaringan lunak.

Pada tendangan depan (A), biomekanika memodelkan fase fleksi panggul (mengangkat lutut) dan ekstensi lutut (meluruskan tungkai) sebagai sistem tuas kelas 3, di mana otot quadriceps menghasilkan momen ekstensi utama; melalui analisis sudut sendi dan kecepatan retraction, pelatih dapat mendeteksi fase retraction yang terlalu lambat—risiko ditangkap lawan sekaligus beban berlebih pada sendi lutut—dan memberikan koreksi teknik yang tepat. Variasi tendangan sabit (busur) menambah tantangan kontrol panggul, karena lintasannya yang melengkung memerlukan stabilitas sendi panggul lebih tinggi untuk mencapai akurasi, sekaligus menambah beban torsional pada ligamen pinggul jika tidak dikendalikan.

Pada pukulan depan (jep) dan swing, distribusi gaya melalui buku-buku jari telunjuk dan tengah dan posisi pergelangan yang netral sangat krusial; analisis impulse–rebound control (kepalan rileks saat kontak, kemudian dikeraskan) membantu mengoptimalkan transfer gaya tanpa menimbulkan tekanan berlebih pada pergelangan tangan atau siku. Dengan memonitor kelurusan pergelangan dan sudut antar-radial, pelatih bisa mencegah cedera stres berulang (overuse) pada tendon dan ligamen.

Teknik jatuhan langsung (sapuan rebah, sirkel bawah, guntingan) dievaluasi berdasarkan prinsip keseimbangan: semakin kecil bidang tumpu lawan, semakin labil stabilitasnya; biomekanika membantu mengukur posisi titik berat dan bidang tumpu secara kuantitatif, sekaligus memproyeksi gaya tangkapan yang aman untuk menghindari cedera bahu atau pergelangan saat menangkap dan meredam impact. Pada jatuhan tak langsung, prinsip impact damping diterapkan dengan “telapak tangan lemas” untuk mengurangi gaya benturan yang diserap tubuh, meminimalkan risiko cedera tumpuan dan jaringan lunak.

Dalam posisi pasang (kuda-kuda), pemindahan titik berat dekat bidang tumpu membuat badan labil sehingga siap bergerak cepat; analisis momen inersia pada sumbu sagital dan distribusi beban tumit–ujung jari kaki memungkinkan simulasi beban dan penyesuaian latihan

drill keseimbangan yang memperluas bidang tumpu, menurunkan kemungkinan slip atau terkilir saat transisi serangan/pertahanan. Setelah area–area risiko teridentifikasi misalnya sudut fleksi-ekstensi lutut yang melebihi batas aman atau sudut pronasi-supinasi pergelangan yang menyebabkan stres strategi pencegahan disusun secara sistematis. Langkah pertama adalah perbaikan teknik melalui drill kinematika terukur, seperti mempercepat fase retraction untuk mengurangi beban sendi. Selanjutnya, dilakukan latihan penguatan otot spesifik, misalnya otot quadriceps untuk menstabilkan lutut dan otot rotator cuff untuk mendukung gerakan pronasi–supinasi pergelangan. Strategi lainnya mencakup peningkatan fleksibilitas sendi agar tetap berada dalam rentang gerak aman, serta drill keseimbangan dan proprioseptif guna memperluas bidang tumpu dan mengoptimalkan refleks pasang tubuh.

Dengan pendekatan ini, intervensi pelatihan menjadi ilmiah dan terukur, memadukan data kinematik dan karakteristik fisik atlet, sehingga gerakan menjadi lebih efisien dan peluang cedera dapat diminimalkan.(Daharis et al., 2022)

2. KAJIAN TEORITIS

Pengertian Biomekanika

Pengertian biomekanika dapat digali dari kata-kata pembentuknya, yaitu bio dan mekanika. Kata bio berkaitan dengan kehidupan atau sistem biologi, sedangkan mekanika berhubungan dengan analisis gaya (force) dan dampaknya.(Ardiyanto & Widiyanto, 2019) Biomekanik adalah ilmu yang mempelajari tentang gerakan manusia dan penjelasan tentang gaya dengan sebab dan akibat dari suatu gerakan.(Kuncoro & Kuntjoro, 2021) menurut buku yang dijelaskan aulia nabila, ivananda udsyam, achamd nabil dan giovanny putri menjelaskan Biomekanika adalah ilmu yang mempelajari gerak tubuh manusia dari sudut pandang mekanik dan dipengaruhi oleh sistem anatomi, fisiologi, dan psikologi tubuh manusia. Biomekanik menjelaskan bagaimana tulang, otot, jaringan lunak, tendon, dan ligamen bekerja untuk menghasilkan gerakan yang halus dan terkontrol dengan baik. Gerakan-gerakan ini dicapai secara alami melalui latihan. Khususnya dalam dunia olahraga, biomekanik sering digunakan oleh para pelatih dan beberapa peneliti dalam kegiatan penelitian di berbagai departemen olahraga, dengan tujuan sebagai alat evaluasi baik bagi pelatih maupun atlet itu sendiri. Mirip dengan tenis lapangan, melihat metode servis tenis secara biomekanik dalam kaitannya dengan rantai kinetik dan risiko cedera bahu saat melakukan servis dari berbagai bentuk servis.(R et al., 2025) dapat disimpulkan bahwa biomekanika merupakan ilmu yang menggabungkan konsep kehidupan (bio) dan mekanika untuk mempelajari gerak tubuh manusia serta hubungan sebab-akibat gaya yang terlibat. Ilmu ini menitikberatkan pada cara kerja tulang, otot, jaringan

lunak, tendon, dan ligamen dalam menghasilkan gerakan yang terkoordinasi, dengan mempertimbangkan aspek anatomi, fisiologi, dan psikologi. Dalam konteks olahraga, penerapan biomekanika menjadi sangat penting sebagai alat evaluasi bagi pelatih dan atlet, misalnya pada analisis metode servis tenis yang melibatkan rantai kinetik dan deteksi risiko cedera bahu. Dengan demikian, biomekanika berperan krusial untuk memahami mekanisme gerak dan mencegah cedera melalui perbaikan teknik gerakan dan program latihan yang tepat

Ruang Lingkup Biomekanika

Biomekanika meliputi developmental biomechanics, biomechanics of exercise, rehabilitation mechanics, equipment design dan sport biomechanics (biomekanika olahraga). (Jufrianis, 2020)

Prinsip Prinsip Biomekanika

Dalam biomekanika, terdapat sembilan prinsip dasar yang menjelaskan bagaimana gerakan tubuh manusia dipengaruhi oleh gaya dan struktur anatomi yaitu Pertama, Prinsip Gaya Gerak (Force–Motion) menyatakan bahwa perubahan gerak hanya terjadi apabila terdapat gaya yang tidak seimbang; dengan kata lain, tubuh yang awalnya diam akan bergerak apabila otot menghasilkan gaya yang mampu mengatasi gaya inersia dan gaya reaksi permukaan. Selanjutnya, Prinsip Gaya Waktu (Force–Time) menekankan bahwa besarnya impuls yang memengaruhi momentum tubuh ($p = m \cdot v$) tidak hanya ditentukan oleh besar gaya, tetapi juga lamanya gaya tersebut diterapkan ($I = F \cdot \Delta t$). Berkaitan erat, Prinsip Inersia (Inertia) mengacu pada kecenderungan tubuh untuk mempertahankan keadaan semula baik diam maupun bergerak lurus beraturan—hingga ada resultan gaya yang mengubahnya; inilah sebabnya perubahan gerak yang tiba-tiba tanpa persiapan otot dapat meningkatkan risiko cedera. Prinsip Keempat, Jangkauan Gerak (Range of Motion), menjelaskan batas gerak linier dan angular sendi; pemahaman ROM sangat penting agar gerakan berlangsung efisien tanpa melampaui batas anatomi yang dapat menyebabkan overstretching. Prinsip keseimbangan (Balance) mengulas posisi pusat massa dan basis tumpuan di mana semakin rendah dan lebih lebar basis tumpuan, semakin stabil postur tubuh. Ketika pusat massa menjauhi basis tumpuan, tubuh akan kehilangan keseimbangan dan potensi cedera meningkat. Prinsip Kontinuum Koordinasi (Coordination Continuum) menyoroiti urutan dan waktu aktivasi segmen tubuh dalam rantai kinematik: gerakan yang membutuhkan gaya besar, seperti tolak peluru, biasanya mengaktifkan banyak segmen secara simultan, sedangkan gerakan yang mengutamakan kecepatan, seperti pukulan tinju, lebih efektif bila segmen otot diaktifkan berurutan untuk memperbesar kecepatan ujung rantai kinematik. Terkait dengan koordinasi, Prinsip Interaksi Segmen (Segmental Interaction) menjelaskan bagaimana transfer energi terjadi dari segmen

proksimal (misalnya bahu) ke segmen distal (misalnya pergelangan tangan) dalam sebuah rantai otot-sendi, sehingga menghasilkan gerakan yang halus dan terkontrol. Dua prinsip terakhir berkaitan dengan proyektil dan putaran. Prinsip Proyeksi Optimal (Optimal Projection) menyatakan bahwa untuk gerakan melempar seperti tolak peluru atau lempar cakram, terdapat sudut pelontaran optimal (biasanya antara 30° – 45°) yang memaksimalkan jarak lontaran dengan memadukan komponen kecepatan horizontal dan vertikal secara ideal. Sementara itu, Prinsip Putaran (Spin) menjelaskan bahwa pemberian putaran pada proyektil seperti bola tenis atau tendangan berputar dalam bela diri mengubah lintasan terbang melalui gaya magnus atau hambatan aerodinamis, meningkatkan efektivitas gerakan dan menambah sulitnya prediksi arah lintasan bagi lawan. Dengan pemahaman dan penerapan kesembilan prinsip ini, pelatih dan atlet dapat merancang teknik dan program latihan yang lebih aman, efisien, serta meminimalkan risiko cedera. (Jufrianis, 2020)

3. METODE PENELITIAN

Pendekatan review sistematis dalam jurnal ini mengikuti kerangka PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), dimulai dengan identifikasi literatur melalui pencarian di database Science Direct dan Google Scholar dengan bantuan alat VOSviewer dan Publish or Perish. Kata kunci yang digunakan mencakup 'Biomekanika Karate', 'Pencegahan Cedera Atlet', 'Analisis Gerakan Tendangan', dan 'Kontrol Postur', dengan rentang publikasi tahun 2018–2024. Pada fase screening, hasil pencarian diekspor ke Mendeley untuk menghilangkan duplikasi dan artikel non-jurnal. Selanjutnya, pada fase eligibility, diterapkan kriteria inklusi seperti jurnal terindeks Scopus Q1–Q4 berbahasa Inggris, studi kuantitatif berbasis biomekanika, serta fokus pada analisis cedera atau teknik karate. Setelah seleksi ketat, terpilih 10 artikel yang memenuhi kriteria untuk analisis mendalam. Proses ini menjamin transparansi dan objektivitas dalam mengkaji peran biomekanika dalam pencegahan cedera pada atlet karate. (Simamora et al., 2024)

Selain tinjauan literatur sistematis, penelitian ini juga mengintegrasikan pendekatan partisipatif selama Kejuaraan Nasional Nusantara Karate Open 2024 untuk memperkaya analisis. Pelibatan pelatih, atlet, dan pengurus organisasi bertujuan mengumpulkan data empiris terkait pola cedera, teknik latihan, dan strategi pencegahan yang diterapkan secara langsung di lapangan. Data lapangan ini berfungsi sebagai pelengkap temuan literatur dengan menyediakan konteks praktis dan validasi terhadap rekomendasi biomekanik yang dihasilkan. Contohnya, observasi teknik tendangan *Mawashi-Geri* selama kejuaraan digunakan untuk memverifikasi hasil analisis sudut sendi dan distribusi gaya yang telah diidentifikasi dalam

studi terdahulu. Meskipun pendekatan partisipatif tidak melibatkan pencarian database ilmiah, kombinasi kedua metode ini memungkinkan penelitian menjawab tantangan pencegahan cedera secara holistik—menggabungkan bukti teoritis dari literatur dengan realitas dinamika latihan dan pertandingan. Sinergi ini memperkuat relevansi rekomendasi yang dihasilkan, sekaligus memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan aktual atlet karate. (Utami et al., 2024)

systematic literature review dengan pendekatan bibliometrik menggunakan Google Scholar sebagai satu-satunya database, membatasi publikasi pada rentang tahun 2020–2024, dan memanfaatkan software Publish or Perish serta VOSviewer untuk pemilihan dan pemetaan artikel. Kata kunci awalnya adalah “Analisis Biomekanika Karate Tendangan Mawashi-Geri”, dan kriteria inklusi mencakup studi kuantitatif peer-review yang menganalisis parameter biomekanik pada atlet karate dengan fokus pada pencegahan cedera atau mekanisme cedera. (Nurhadi et al., 2023)

Kriteria eksklusi dalam review ini mencakup publikasi non-peer-review, seperti abstrak konferensi tanpa teks lengkap, karena kualitas metodologinya tidak dapat diverifikasi secara menyeluruh; artikel yang hanya membahas aspek psikologis, nutrisi, atau rehabilitasi tanpa menyertakan data atau analisis biomekanik, mengingat fokus utama adalah pada parameter mekanika gerak; serta studi yang melibatkan populasi non-karateka atau cabang bela diri lain, agar hasil sintesis benar-benar relevan dengan karakteristik teknis dan risiko cedera spesifik pada atlet karate. (Billah & Irawan, 2021)

Setelah tahap seleksi studi selesai, setiap artikel diekstraksi ke dalam tabel standar yang mencakup informasi penulis dan tahun publikasi, desain studi (misalnya RCT, cross-sectional, atau cohort), karakteristik sampel (jumlah partisipan, rentang usia, dan jenjang keahlian atlet karate), metode pengukuran biomekanik yang digunakan (seperti motion capture, EMG, force plate, atau IMU), parameter yang diukur (misalnya sudut sendi, ground reaction force, dan kecepatan teknik), serta hasil utama terkait pencegahan cedera. Selanjutnya, kualitas metodologi tiap studi dinilai menggunakan checklist STROBE untuk studi observasional dan PEDro Scale atau Cochrane Risk of Bias untuk studi eksperimental, lalu dikategorikan sebagai risiko bias rendah, sedang, atau tinggi, dengan ringkasan hasil penilaian disajikan dalam sebuah tabel. Dalam analisis dan sintesis data, peneliti menerapkan pendekatan naratif untuk mengakomodasi heterogenitas variabel dan metode pengukuran; apabila beberapa studi melaporkan outcome yang serupa dengan cukup homogenitas, dapat dilakukan meta-analisis sederhana. Analisis subgroup juga direncanakan berdasarkan tingkat keahlian atlet (pemula versus elite) serta jenis intervensi biomekanik (program pelatihan versus penggunaan alat bantu). Terakhir, seluruh alur seleksi studi divisualisasikan dalam diagram PRISMA, dan

lampiran mencakup tabel lengkap studi yang dikaji beserta skor kualitas metodologi, sehingga transparansi dan keterulangan penelitian dapat terjamin.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam berbagai studi perilaku cedera pada atlet karate, tiga jenis cedera yang paling sering dilaporkan adalah memar pada jaringan lunak, strain otot terutama pada betis, dan terkilir pada sendi jari tangan. Dari sudut pandang biomekanik, distribusi ini berkaitan erat dengan pola beban dan sudut sendi yang diterapkan saat mengeksekusi teknik pukulan, tendangan, dan tangkisan. Misalnya, landing yang kurang terkontrol setelah tendangan atau pukulan yang dijatuhkan dari sudut ekstrem dapat memusatkan gaya tumbukan pada area kecil, sehingga meningkatkan risiko strain dan terkilir. Analisis gaya tumbukan (ground reaction force) dan sudut sendi (joint angles) menunjukkan bahwa perbaikan timing dan redistribusi beban—misalnya melalui penguatan otot penstabil—dapat mengurangi frekuensi cedera ini.

Untuk mendukung pencegahan cedera tersebut, beberapa teknik biomekanik telah terbukti efektif. Di antaranya adalah pelatihan proprioepsi untuk meningkatkan kontrol sendi, latihan plyometrik terstruktur untuk memperkuat otot penyangga, serta koreksi sudut kontak saat striking. Parameter biomekanik seperti kecepatan eksekusi teknik (strike velocity), sudut fleksi-ekstensi lutut dan pinggul, serta tekanan plantar yang dideteksi melalui force plate digunakan sebagai tolok ukur efektivitas intervensi. Studi yang memanfaatkan alat seperti motion capture dan EMG juga menunjukkan bahwa atlet yang mempertahankan sudut sendi optimal—seperti menekuk lutut sekitar 30–40° saat menerima beban—mengalami penurunan puncak gaya tumbukan hingga 20%, sehingga mengurangi risiko cedera sendi dan otot.

Lebih lanjut, perbedaan level keahlian antara atlet pemula dan elite turut memengaruhi variasi biomekanik dan risiko cedera. Atlet pemula umumnya menunjukkan sudut sendi ekstrem yang tidak konsisten, sehingga distribusi gaya tumbukan menjadi tidak stabil dan meningkatkan risiko cedera overuse. Sebaliknya, atlet elite cenderung memiliki kontrol postural dan timing otot yang lebih baik, sehingga frekuensi cedera dapat ditekan secara signifikan. Oleh karena itu, pendekatan latihan pencegahan harus disesuaikan dengan kebutuhan: pemula difokuskan pada teknik dasar dan kontrol neuromuskular, sedangkan atlet elite diarahkan pada penyempurnaan parameter biomekanik spesifik sesuai gaya bertanding mereka. (Daharis et al., 2022)

Penelitian lain memperkuat pentingnya pengaruh sudut sendi, gaya tumbukan, dan kecepatan teknik terhadap risiko cedera. Dalam studi biomekanik terhadap tendangan Yoko Geri Kekomi, diketahui bahwa semakin kecil sudut kemiringan (kurang dari 100,5°), kecepatan

tendangan menjadi lebih tinggi dan berpotensi meningkatkan efektivitas serangan, namun juga memperbesar risiko benturan jika tubuh tidak terkendali. (Wijaya, 2015) Gaya tumbukan yang tidak terdistribusi secara merata juga meningkatkan risiko cedera jaringan lunak dan tulang. (Setiawan, 2021)

Untuk mengoptimalkan performa sekaligus mencegah cedera, integrasi prinsip-prinsip biomekanika ke dalam latihan kata dan kumite sangat penting. Dalam kata, pengaturan sudut sendi, pusat gravitasi, dan distribusi gaya tubuh membantu memastikan efisiensi dan keamanan teknik. Dalam kumite yang lebih dinamis dan penuh kontak, penting bagi atlet untuk memahami momentum, gaya reaksi tanah, dan stabilitas postural guna menghindari cedera akibat benturan atau perubahan gerak mendadak. Penggunaan software analisis seperti Dartfish dapat membantu pelatih mengevaluasi dan mengoreksi teknik berdasarkan data biomekanik aktual.

Namun, pendekatan biomekanika tidak semata soal teknis. Penerapannya juga harus diselaraskan dengan nilai-nilai filosofis karate sebagai seni bela diri. Karate bukan hanya aktivitas fisik, tetapi juga cara hidup yang mengajarkan harmoni antara kekuatan dan kendali diri. Oleh karena itu, pendekatan biomekanika sebaiknya mendukung prinsip-prinsip seperti *mushin* (keheningan batin), *zanshin* (kesadaran gerak), dan *kime* (pengendalian energi), agar pelatihan tetap mencerminkan nilai-nilai budaya dan spiritual karate. (Wijaya, 2015)

Menariknya, pendekatan biomekanika dalam cabang bela diri lain seperti pencak silat juga menunjukkan kesamaan dan perbedaan. Misalnya, tendangan depan dalam pencak silat dan taekwondo sama-sama mengandalkan distribusi tenaga dan keseimbangan, namun berbeda dalam lintasan gerak dan sasaran. Pencak silat lebih fokus pada area tubuh seperti ulu hati dengan lintasan lurus dan kontrol postur stabil, sedangkan taekwondo menuntut fleksibilitas tinggi dan momentum vertikal. Dalam hal ini, aturan pertandingan juga memengaruhi desain biomekanika teknik. Untuk judo, fokus lebih pada gravitasi dan teknik bantingan, berbeda dari pencak silat yang mengutamakan kecepatan dan akurasi tendangan. (Setiawan, 2021)

Kontribusi penelitian terkini semakin menegaskan pentingnya integrasi antara biomekanika dan latihan spesifik. Dengan menggabungkan prinsip biomekanik seperti distribusi tenaga dan deteksi titik lemah dengan program latihan seperti *plyometric stair jump* atau *reaction box jump*, efektivitas latihan meningkat signifikan. Kajian terbaru menggunakan pendekatan *narrative review* dan sumber terpercaya seperti Google Scholar dan Taylor & Francis, yang memperkaya perspektif dan menunjukkan bahwa latihan berbasis biomekanik dapat diterapkan lintas usia dan kemampuan atlet. Uniknya, pendekatan ini juga menekankan

pelestarian nilai budaya pencak silat sebagai warisan Indonesia, membedakannya dari pendekatan bela diri lain yang lebih kompetitif.

Dalam praktiknya, pelatih dapat menerapkan biomekanika melalui evaluasi teknik menggunakan alat seperti motion capture atau rekaman video. Aspek yang dikaji meliputi distribusi berat badan, sudut sendi, serta keseimbangan tubuh. Koreksi postur, latihan otot penstabil (core), serta latihan seperti *Swiss ball core stability* atau *balance board* terbukti meningkatkan stabilitas dan daya ledak otot. Simulasi gerakan pertandingan seperti tendangan pada target dinamis membantu memperkuat respons reaktif dan ketepatan. Semua ini menegaskan bahwa integrasi biomekanik dalam latihan bukan hanya penting, tetapi vital dalam membentuk atlet yang efisien, kuat, dan aman dari cedera. (R et al., 2025)

Dari sisi fisioterapis dan tim medis olahraga, protokol skrining dan rehabilitasi berbasis fisiologi latihan juga menjadi komponen krusial. Skrining mencakup evaluasi postur, kekuatan, fleksibilitas, dan risiko cedera menggunakan alat seperti dinamometer dan goniometer. Rehabilitasi difokuskan pada prinsip spesifisitas, overload progresif, dan latihan fungsional yang disesuaikan dengan kebutuhan pasien. Manajemen pemulihan seperti terapi panas/dingin, nutrisi kaya protein, dan edukasi pasien melengkapi strategi ini. Kolaborasi lintas disiplin, termasuk dengan ahli gizi dan psikolog olahraga, diharapkan mendukung pemulihan menyeluruh dan mencegah cedera berulang. (Hendrawan & Setiyawati, 2024)

Dari sisi metodologis, penelitian ini memiliki keunggulan karena pencarian literatur dilakukan secara luas melalui berbagai database seperti Science Direct dan Google Scholar, menggunakan perangkat seperti VOSviewer dan Publish or Perish. Dengan mengadopsi kerangka PRISMA dan alat penilaian seperti STROBE dan Cochrane Risk of Bias, proses seleksi studi dilakukan secara objektif dan transparan. Hal ini menjamin keabsahan hasil sintesis dan akurasi rekomendasi yang disusun.

Namun demikian, beberapa keterbatasan tetap perlu diakui. Heterogenitas alat ukur biomekanik, seperti perbedaan penggunaan motion capture, EMG, atau force plate, membuat generalisasi temuan menjadi terbatas. Selain itu, jumlah studi yang memenuhi kriteria inklusi masih sedikit, dan potensi bias publikasi serta keterbatasan bahasa (fokus hanya pada jurnal berbahasa Inggris) dapat memengaruhi representasi kajian.

Arah penelitian selanjutnya dapat diarahkan pada tiga hal utama. Pertama, penting untuk melakukan studi longitudinal guna mengetahui efek jangka panjang dari intervensi biomekanik dalam pencegahan cedera. Kedua, pengembangan perangkat portabel seperti IMU (Inertial Measurement Units) atau wearable sensors memungkinkan pemantauan gerakan secara real-time di lapangan tanpa perlu laboratorium mahal. Ketiga, pendekatan yang

mempersonalisasi program latihan berdasarkan profil biomekanik individu—dengan bantuan teknologi seperti AI—dapat menjadi terobosan baru untuk meningkatkan efektivitas latihan sekaligus mempertahankan nilai filosofis karate sebagai seni bela diri.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa biomekanika memainkan peran kritis dalam mencegah cedera pada atlet karate melalui analisis gerakan, koreksi teknik, dan pelatihan terstruktur. Identifikasi risiko cedera (seperti distribusi gaya tumbukan dan sudut sendi ekstrem) serta intervensi seperti latihan penguatan otot penstabil dan keseimbangan terbukti efektif menurunkan insiden cedera. Perbedaan level keahlian atlet memengaruhi pendekatan pencegahan, di mana pemula memerlukan fokus pada teknik dasar, sementara atlet elite membutuhkan penyempurnaan parameter biomekanik spesifik. Integrasi prinsip biomekanika dengan nilai filosofis karate juga penting untuk menjaga esensi seni bela diri. Keterbatasan metodologis, seperti heterogenitas alat ukur dan jumlah studi terbatas, mengharuskan penelitian lanjutan berbasis longitudinal serta pengembangan teknologi portabel. Rekomendasi praktis mencakup penggunaan alat analisis gerakan (Dartfish) dan kolaborasi multidisiplin untuk optimasi performa dan pemulihan atlet.

DAFTAR REFERENSI

- Ardiyanto, H., & Widiyanto. (2019). Prinsip-prinsip biomekanika kualitatif: Upaya menjembatani teori dan aplikasi dalam sport science. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 9(2), 54–62.
- Billah, T. R., & Irawan, F. A. (2021). Tendangan kuda atlet kategori seni tunggal pencak silat: Analisis biomekanika. *Journal of Sport Education (JOPE)*, 3(2), 63–74.
- Daharis, Gazali, N., & Candra, O. (2022). *Biomekanika olahraga* (Vol. 11, No. 1). Ahlimedia Press.
https://www.researchgate.net/publication/305320484_Sistem_Pembetulan_Terpusat_Strategi_Melestari
- Hendrawan, A., & Setiyawati, D. (2024). *Buku ajar fisiologi latihan fisioterapi*.
- Herfinanda, R., & Rahmandani, A. (2022). Pengalaman pada atlet karate yang pernah mengalami cedera berat: Studi interpretative phenomenological analysis.
<https://doi.org/10.14710/empati.2019.24396>
- Indrajaya, M. I. (2017). *Tingkat kondisi fisik cabang olahraga karate kota Surabaya (Studi atlet putri karate PUSLATCAB Surabaya)* (Skripsi, Universitas Negeri Surabaya).
- Jufrianis, M. P. (2020). *Biomekanika olahraga: Teori dan konsep dasar*.

- Kuncoro, A. B., & Kuntjoro, B. F. T. (2021). Analisis biomekanik floating serve pada ekstrakurikuler bolavoli putra SMK Negeri 1 Boyolangu. *Jurnal Pendidikan Olahraga dan Kesehatan*, 9(2), 125–129. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-jasmani/article/view/40236>
- Mas'idah, E., Fatmawati, W., & Ajibta, L. (n.d.). Analisa manual material handling (MMH) dengan menggunakan metode biomekanika untuk mengidentifikasi risiko cedera tulang belakang (musculoskeletal disorder): Studi kasus pada buruh pengangkat beras di Pasar Jebor Demak, 37–56.
- Nurhadi, M. D. A., Gustiawati, R., & Wijaya, H. H. (2023). Analisis biomekanika gerakan karate teknik tendangan. *Jurnal Arena Olahraga*, 3(2), 35–41. <http://ojs.stkippgri-lubuklinggau.ac.id/index.php/PEJS/index>
- Prasetya Adi, R. A. (2024). Tingkat kondisi fisik cabang olahraga karate Universitas Negeri Surabaya. *JPO: Jurnal Prestasi Olahraga*, 7, 96–101.
- Pratama, A., Kafrawi, F. R., Surabaya, U. N., & History, A. (2024). Fenomena cedera pada olahraga karate di Desa Petiken Driyorejo. *Jayabama: Jurnal Peminat Olahraga*, 3, 1–11.
- R, A. N. G., Nurriif, I. U., Mahdi, A. N. Al, & Ningrum, G. P. C. (2025). *Biomekanika dan kinesiologi olahraga*.
- Setiawan, A. (2021). Faktor timbulnya cedera olahraga. *Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 1(1), 94–98.
- Simamora, S. C., Gaffar, V., & Arief, M. (2024). Systematic literature review dengan metode PRISMA: Dampak teknologi blockchain terhadap periklanan digital. *Jurnal Ilmiah M-Progress*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.35968/m-pu.v14i1.1182>
- Utami, P., Firdiyani, F., & Nafiah, I. (2024). Penguatan pembinaan generasi muda melalui pengabdian kepada masyarakat pada Kejuaraan Nasional Nusantara Karate Open 2024. *Jurnal*, 6(2), 506–514.
- Wijaya, R. S. (2015). Analisis biomekanik tendangan karate yokogeri kekomi (Studi pada atlet dojo karate MAHAMERU Jombang). *Jurnal Kesehatan Olahraga*, 3(2). <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-kesehatan-olahraga/article/view/11180>