

**ANALISIS BIOMEKANIKA GERAKAN TANGAN SERANGAN
PADA ATLET PENCAK SILAT**

Mahmuddin¹, Johannes Kristopel Manullang², Willy Hope Sigalingging³, Rafael
Bonansius Hasudungan Nahampun⁴, Afriansyah Purba⁵, Kevin Hezekiel Sitinjak⁶

^{1,2,3,4,5,6}Program Studi Pendidikan Kepelatihan Olahraga, Fakultas Ilmu

Keolahragaan, Universitas Negeri Medan, Medan, Indonesia

Alamat e-mail

¹mahmuddin@unimed.ac.id, ²johaneskristopelmanulang@gmail.com, ³afriansyahpurba5@gmail.com, ⁴nahampunrafael@gmail.com, ⁵ksintinjak34@gmail.com, ⁶pelitaesra8@gmail.com,

ABSTRACT

Pencak Silat is a traditional Indonesian martial art that emphasizes the integration of strength, speed, and precision in technique. Each attacking movement follows specific biomechanical principles that determine the effectiveness and efficiency of the generated force. This study aims to analyze the elbow strike movements in Pencak Silat from a biomechanical perspective to understand the relationship between segmental coordination, force production, and muscular activation influencing athlete performance. The research employed a descriptive qualitative method using literature review and motion observation approaches, focusing on kinematic and kinetic analyses of four types of elbow strikes front, backward, diagonal, and downward. The results indicate that the effectiveness of elbow strikes is primarily determined by the application of the proximal-to-distal sequencing principle, postural stability, and synchronization among body segments. Biomechanical variables such as joint angle, linear velocity of the elbow tip, and hip rotation significantly affect the magnitude of force and impulse produced. Each strike demonstrates unique biomechanical characteristics according to its trajectory and force vector direction. Mastery of these techniques through biomechanically informed training enhances energy transfer efficiency, movement precision, and injury prevention

Keywords: Biomechanics¹, Hand Movement², Pencak Silat³.

ABSTRAK

Pencak silat merupakan seni bela diri tradisional Indonesia yang menuntut perpaduan antara kekuatan, kecepatan, dan ketepatan teknik. Setiap gerakan

serangan memiliki prinsip biomekanika yang berperan penting dalam efektivitas dan efisiensi tenaga yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keterampilan gerak serangan siku dalam pencak silat dari perspektif biomekanika, guna memahami hubungan antara koordinasi segmen tubuh, gaya, serta aktivasi otot yang memengaruhi performa atlet. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif dengan pendekatan studi literatur dan observasi gerak, yang melibatkan analisis kinematik dan kinetik terhadap empat jenis serangan siku, yaitu siku depan, siku belakang, siku serong, dan siku bawah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas serangan siku ditentukan oleh penerapan prinsip *proximal-to-distal sequencing*, kestabilan postural, dan sinkronisasi antar-segmen tubuh. Variabel biomekanika seperti sudut sendi, kecepatan linier ujung siku, serta rotasi panggul memiliki pengaruh signifikan terhadap besarnya gaya dan impuls yang dihasilkan. Setiap jenis serangan memiliki karakteristik biomekanis yang berbeda sesuai arah lintasan dan vektor gaya. Penguasaan teknik melalui pelatihan berbasis biomekanika terbukti dapat meningkatkan efisiensi transfer energi, memperbaiki presisi gerakan, serta mengurangi risiko cedera.

Kata Kunci: Biomekanika¹, Gerakan Tangan², Pencak Silat³

A. Pendahuluan

Pencak silat merupakan salah satu cabang olahraga bela diri tradisional yang telah berkembang menjadi olahraga prestasi dan menjadi identitas budaya bangsa Indonesia. Dalam konteks kompetisi, efektivitas teknik serangan merupakan salah satu faktor yang sangat menentukan kemenangan seorang pesilat. Serangan tangan yang meliputi pukulan depan, pukulan bandul, dan tebak menjadi elemen penting karena berperan langsung dalam memperoleh poin serta menunjukkan penguasaan teknik dan kecepatan reaksi seorang atlet (Putri & Indrayuda, 2024). Meskipun aspek

teknis serangan telah banyak diajarkan melalui latihan konvensional, pemahaman mendalam tentang mekanika gerak tubuh (biomekanika) pada fase-fase serangan tangan masih belum banyak diteliti secara sistematis, padahal analisis biomekanika dapat memberikan dasar ilmiah bagi peningkatan performa teknik serangan.

Dalam setiap gerakan serangan tangan, terjadi interaksi kompleks antara sistem muskuloskeletal dan prinsip mekanika gerak yang mencakup gaya, torsi, momentum, percepatan, dan koordinasi sendi.

Ketepatan penerapan gaya dan efisiensi gerak menentukan seberapa besar energi yang dapat dikonversi menjadi kecepatan serta kekuatan pukulan (Candra, 2021). Prinsip hukum Newton II, yang menyatakan bahwa percepatan berbanding lurus dengan gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan massa, menjadi dasar untuk memahami mengapa koordinasi antara pangkal lengan (bahu), sendi siku, dan pergelangan tangan harus sinkron agar menghasilkan serangan yang optimal. Dalam pencak silat, ketidakefisienan biomekanika seperti posisi bahu yang terlalu kaku, rotasi badan yang tidak seimbang, atau distribusi berat tubuh yang kurang stabil dapat menyebabkan hilangnya momentum dan menurunkan kekuatan pukulan secara signifikan (Wardani & Wahyudi, 2025).

Beberapa penelitian dalam olahraga bela diri seperti karate, taekwondo, dan tinju telah membuktikan bahwa analisis biomekanika mampu menjelaskan hubungan antara sudut gerakan, gaya dorong otot, dan kecepatan lengan terhadap efektivitas serangan (Nurhadi et al., 2023; Pangemanan et

al., 2025; Muminah, 2023). Namun, studi serupa dalam konteks pencak silat masih relatif terbatas, padahal karakteristik teknik dan pola serangan pencak silat berbeda secara substansial dengan bela diri lainnya karena menekankan keseimbangan antara kecepatan, kontrol, dan kelincahan. Oleh karena itu, penelitian dengan pendekatan biomekanika pada gerakan tangan serangan penting dilakukan untuk menggambarkan dinamika kerja otot dan koordinasi sendi yang berperan selama eksekusi teknik serangan.

Selain itu, pelatih dan atlet sering kali masih mengandalkan intuisi atau pengalaman subjektif dalam memperbaiki teknik serangan tanpa didukung oleh analisis ilmiah yang terukur. Padahal, analisis biomekanika dapat membantu pelatih memahami secara objektif fase-fase gerakan mulai dari persiapan, pelaksanaan, hingga follow-through untuk mengetahui di mana terjadinya kesalahan mekanik yang menghambat kecepatan atau kekuatan pukulan. Dengan memahami aspek biomekanika, pelatih dapat merancang program latihan yang lebih efisien dan spesifik,

misalnya dengan memperkuat otot-otot yang dominan berperan dalam menghasilkan gaya pukulan seperti *deltoid*, *triceps brachii*, dan *pectoralis major*, atau melatih koordinasi rotasi batang tubuh agar momentum dapat tersalurkan secara maksimal ke ujung tangan (Daharis et al., 2022).

Selain dari sisi performa, pendekatan biomekanika juga penting dalam konteks pencegahan cedera. Gerakan serangan yang tidak sesuai dengan prinsip mekanika tubuh dapat menyebabkan tekanan berlebih pada sendi bahu atau siku, yang berpotensi menimbulkan cedera jangka panjang. Oleh karena itu, pemahaman biomekanika tidak hanya berfungsi untuk meningkatkan kekuatan serangan, tetapi juga untuk menjaga integritas struktur tubuh atlet dalam jangka waktu latihan dan kompetisi yang panjang.

Dari perspektif akademik, analisis biomekanika pada gerakan serangan tangan dalam pencak silat memiliki relevansi multidisipliner, melibatkan prinsip-prinsip fisika, anatomi, dan fisiologi olahraga. Melalui kajian biomekanika, dimungkinkan untuk mengukur dan memvisualisasikan bagaimana energi

dari rotasi tubuh bagian bawah diteruskan melalui batang tubuh hingga ke ekstremitas atas untuk menghasilkan pukulan yang efisien. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris dalam pengembangan ilmu keolahragaan, khususnya dalam optimalisasi teknik pencak silat berbasis pendekatan ilmiah. Hasil analisis ini juga diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan modul pelatihan berbasis biomekanika, yang tidak hanya memperbaiki performa teknik tetapi juga meningkatkan kesadaran gerak (*movement awareness*) pada atlet.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan akan penelitian mengenai analisis biomekanika gerakan tangan serangan pada atlet pencak silat sangat penting, baik untuk memperdalam pemahaman ilmiah terhadap mekanika gerak dalam bela diri tradisional Indonesia maupun untuk mendukung peningkatan kualitas pelatihan atlet secara objektif dan terukur. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan gambaran komprehensif mengenai pola gerak,

sudut sendi, serta distribusi gaya yang terjadi selama pelaksanaan serangan tangan, sehingga dapat dijadikan landasan dalam pengembangan teknik yang lebih efisien, kuat, dan aman bagi atlet pencak silat di tingkat nasional maupun internasional.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi literatur (*library research*) dengan pendekatan deskriptif-analitis. Metode ini dipilih untuk mengkaji dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang membahas aspek biomekanika gerakan tangan serangan pada atlet pencak silat. Data diperoleh melalui penelusuran literatur dari berbagai sumber ilmiah seperti jurnal bereputasi, buku teks biomekanika, prosiding, dan laporan penelitian yang relevan. Pencarian dilakukan menggunakan kata kunci biomekanika seni bela diri, gerakan anggota tubuh bagian atas, kinematika pukulan, dan teknik silat melalui database seperti Google Scholar, ScienceDirect, dan PubMed. Literatur yang digunakan dibatasi pada publikasi 10 tahun terakhir (2015–2025) dan dipilih berdasarkan relevansi dengan topik biomekanika olahraga bela diri. Data

yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif, yaitu dengan menginterpretasikan teori, prinsip fisika, serta hasil penelitian terdahulu untuk menjelaskan mekanika gerak, gaya, torsi, dan koordinasi sendi pada serangan tangan dalam pencak silat. Hasil analisis disintesis untuk menghasilkan pemahaman konseptual yang komprehensif mengenai bagaimana prinsip biomekanika berkontribusi terhadap efektivitas teknik serangan tangan atlet pencak silat.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pencak silat merupakan salah satu cabang olahraga bela diri tradisional Indonesia yang menekankan perpaduan antara seni, teknik, dan kecepatan gerak dalam menghadapi lawan. Setiap gerakan dalam pencak silat memiliki makna dan fungsi tertentu, baik untuk menyerang, bertahan, maupun mengelak. Keterampilan gerak dalam pencak silat tidak hanya menuntut kekuatan fisik, tetapi juga koordinasi motorik halus, ketepatan waktu, serta keseimbangan tubuh agar setiap serangan dan pertahanan dapat dilakukan secara efektif. Dalam olahraga prestasi, penguasaan

keterampilan gerak menjadi faktor utama yang menentukan performa atlet di atas gelanggang. Gerakan serangan seperti pukulan dan tendangan, serta teknik elakan yang digunakan untuk menghindari serangan lawan, harus dilatih secara sistematis agar efisien, cepat, dan tepat sasaran (Darmawan et al., 2023). Berikut karakteristik teknik dasar gerak serangan pencak silat (Ilahi et al., 2025).

1. Serangan Siku Depan

Serangan siku depan merupakan teknik jarak dekat yang menuntut koordinasi motorik tinggi dan efisiensi transfer energi antar-segmen tubuh. Secara teknis, gerakan ini dimulai dari stance kuda-kuda yang stabil, di mana tumpuan kaki dan distribusi massa tubuh menentukan kapasitas menghasilkan gaya melalui ground reaction force (GRF). Inisiasi tenaga sering dimulai dari kontribusi ekstremitas bawah (dorongan kaki dan rotasi panggul) yang diteruskan melalui aktivasi otot-core menuju bahu dan lengan prinsip proximal-to-distal sequencing yang merupakan syarat utama untuk

menghasilkan impulse linier maksimum pada ujung siku. Karena area kontak relatif kecil (ujung olecranon), aspek pengendalian arah dan timing menjadi kritis: sedikit deviasi sudut atau kelambatan sinkronisasi antar-segmen akan mengakibatkan kehilangan efisiensi energi dan menurunnya tekanan pada target. Cara melakukan sebagai berikut.

- a. Posisi awal, berdiri dengan kuda-kuda, yaitu kaki kiri di depan dengan lutut ditekuk dan kaki kanan lurus ke belakang.
- b. Untuk melakukan serangan kepada lawan, yaitu siku tangan kiri ditekuk lurus ke depan dan tangan kanan ditekuk di depan dada jari-jari rapat dalam posisi berdiri. Berikut adalah gambar dari serangan siku depan:



Gambar 1. Serangan dengan Siku Depan

Dari perspektif biomekanika, variabel kinematik dan kinetik yang menentukan efektivitas serangan ini meliputi sudut sendi, kecepatan linier ujung siku, dan momen pada sendi bahu serta siku. Sudut fleksi siku optimal 70–90° pada fase pra-kontak memberikan kompromi antara panjang lengan efektif dan kestabilan struktural sendi; posisi semi-fleksi ini memungkinkan otot triceps bekerja sebagai pengunci yang efektif saat terjadi impulse, sekaligus mengurangi risiko over-extension. Rotasi panggul dan trunk yang terkontrol menambah komponen torsi yang meningkatkan percepatan lengan namun bila rotasi terlalu dini atau terlambat, energi akan tersebar ke segmental wobble sehingga angular velocity ujung tangan menurun. Oleh karena itu, metrik yang relevan untuk penelitian empiris mencakup linear velocity ujung siku (m/s), angular velocity trunk (°/s), sudut sendi saat inisiasi dan saat kontak (°), serta impulse/peak force pada titik kontak (N atau N·s) (Ahmad et al., 2024).

Aktivasi neuromuskular mengikuti pola tertentu: otot proksimal seperti gluteus dan quadriceps menyediakan GRF awal; otot core (obliques, rectus abdominis, erector spinae) berfungsi sebagai penghubung torsi; sedangkan anterior deltoid, pectoralis major, dan triceps brachii bertindak sebagai eksekutor akhir. Urutan aktivasi yang ideal (proximal → distal) meminimalkan kebutuhan kompensasi otot lokal dan memaksimalkan rate of force development (RFD) pada ujung siku. Dalam praktik pelatihan, perhatian harus diberikan pada drill chaining (memisah kemudian menggabungkan gerak panggul → trunk → bahu → siku), peningkatan RFD melalui latihan plyometric upper-body, serta latihan kestabilan scapula dan rotator cuff untuk menjaga alignment selama transfer tenaga karena misalignment scapula atau elevasi bahu dapat menurunkan efisiensi torsi dan meningkatkan risiko impingement (Nubatonis et al., 2024).

Dari sisi aplikatif dan pencegahan cedera, penguasaan sudut fleksi siku dan kontrol rotasi trunk merupakan kunci agar energi tersalurkan maksimal tanpa membebani struktur sendi. Pelatihan berfokus pada penguatan transfer energi harus diiringi monitoring teknik menggunakan analisis video frame-by-frame (untuk mengukur sudut dan timing) atau perangkat sederhana seperti IMU/force pad bila tersedia, sehingga pelatih dapat mengidentifikasi deviasi teknik (mis. full extension saat kontak, isolated arm action, atau footwork yang tidak mendukung GRF). Dengan demikian, serangan siku depan yang efektif bukan hanya produk kekuatan lengan semata, melainkan hasil integrasi biomekanik antara stabilitas postural, sequencing neuromuskular, dan presisi kinematik faktor-faktor yang harus menjadi fokus intervensi pelatihan berbasis bukti.

2. Serangan Siku Belakang

Serangan siku belakang merupakan teknik close-range dengan lintasan melengkung yang

menuntut produksi momentum angular tinggi melalui rotasi tubuh. Teknik ini biasanya dimulai dari posisi yang compact bahu dan siku sedikit tertekuk diikuti oleh rotasi panggul dan trunk yang eksplosif untuk memproyeksikan ujung siku ke arah sasaran di belakang atau sisi lawan. Karena lintasannya bersifat arc/curvilinear, serangan ini mengandalkan kombinasi torsi rotasional dan translasi linier; keberhasilan teknik sangat bergantung pada kemampuan atlet menghasilkan dan mengarahkan momentum angular tanpa kehilangan pusat massa. Dalam konteks taktik, serangan siku belakang efektif sebagai counter atau teknik ketika jarak ruang gerak sempit dan ruang untuk lintasan linear terbatas. Cara melakukan sebagai berikut.

- a. Posisi awal, berdiri dengan kaki kiri di belakang dalam keadaan ditekuk dan kaki kanan di depan dengan lutut agak ditekuk.
- b. Untuk melakukan serangan kepada lawan dengan siku tangan kanan ditekuk lurus ke belakang dan siku tangan kiri

ditekuk di depan dada dengan jari-jari rapat dengan telapak



tangan berdiri tegak. Berikut adalah gambar dari serangan siku belakang:

Gambar 2. Serangan siku belakang

Dari sudut pandang biomekanika, variabel kunci yang menentukan performa adalah angular velocity rotasi trunk dan pinggul, peak torque pada segmen panggul/trunk, serta sinkronisasi timing antara rotasi dan proyeksi lengan. Urutan aktivasi proksimal → distal tetap kritis, namun perbedaan utama dibanding pukulan linear adalah dominasi momen rotasi: rotasi panggul yang kuat menimbulkan torsi yang diteruskan oleh otot obliques dan erector spinae ke bahu sehingga posterior deltoid dan triceps melakukan impulse akhir pada ujung siku. Jika sinkronisasi terlambat atau footwork tidak mendukung, energi rotasi akan

“terbuang” pada segmental wobble atau tipping, sehingga angular velocity ujung siku berkurang meski rotasi panggul kuat (Ahmad et al., 2024).

Secara neuromuskular, serangan ini melibatkan aktivasi otot-otot rotator dan stabilisator yang intens termasuk obliques, multifidus, gluteus medius/maximus untuk stabilitas panggul, serta rotator cuff untuk menjaga kongruensi bahu pada lintasan melengkung. Risiko teknis khas meliputi over-rotation tanpa repositioning kaki, elevasi bahu yang meningkatkan risiko impingement, dan eksposur leher/face saat trunk berputar. Oleh karena itu, latihan harus menitikberatkan penguatan anti-rotation core, drill rotasi terkoordinasi dengan footwork (pivoting dan small step reposition), serta conditioning rotator cuff untuk mengontrol beban torsi pada sendi bahu selama fase follow-through (Li & Liu, 2025).

3. Serangan Siku Serong

Serangan siku serong merupakan teknik diagonal yang menggabungkan elemen translasi dan rotasi untuk menghasilkan vektor gaya miring terhadap tubuh lawan. Secara teknis, serangan ini dilakukan dengan

mengayunkan siku pada lintasan miring (oblique plane), biasanya menasar area rahang, pipi, atau sisi tubuh lawan. Pelaksanaan gerak dimulai dari posisi kuda-kuda yang stabil, diikuti oleh simultanitas rotasi panggul dan elevasi/aduksi bahu sehingga siku mengarahkan energi pada sudut miring terhadap sumbu sagittal. Keunggulan teknik ini adalah kemampuannya menyerang celah samping lawan sambil memanfaatkan sudut serangan yang sulit diprediksi, namun pelaksanaannya menuntut presisi alignment tubuh agar vektor gaya tetap terfokus.

Cara melakukan sebagai berikut.

- a. Posisi awal, berdiri serong ke kiri dengan sikap kuda-kuda, yaitu kaki kanan di depan dengan lutut ditekuk dan kaki kiri lurus ke belakang.
- b. Untuk melakukan serangan kepada lawan siku kanan ditekuk, kemudian dilemparkan ke arah sasaran dan tangan kiri ditekuk di depan dada. Berikut adalah gambar dari serangan siku serong:



Gambar 3. Serangan Siku Serong

Dari perspektif biomekanika, serangan siku serong ditandai oleh kombinasi komponen gaya linier dan tangensial sehingga vektor gaya pada titik kontak mengandung komponen horizontal dan vertikal. Transfer energi masih mengikuti prinsip proximal→distal, namun koordinasi hip-trunk-shoulder harus disesuaikan untuk menciptakan resultant force pada arah diagonal. Variabel kinematik yang relevan meliputi sudut rotasi panggul, sudut elevasi/abduksi bahu, dan kecepatan linier ujung siku pada puncak lintasan; sedangkan variabel kinetik meliputi peak resultant force, impulse pada komponen diagonal, dan momen torsional pada sendi bahu yang menunjukkan beban rotasi. Ketidaksesuaian sudut atau timing akan mengakibatkan decomposing of force yakni komponen gaya terbuang ke arah non-efektif sehingga efektivitas

serangan menurun (Ahmad et al., 2024).

Neuromuskular, serangan siku serong membutuhkan aktivasi terintegrasi antara otot-otot rotator (obliques, transversus abdominis), stabilisator scapula (serratus anterior, trapezius), eksekutor bahu/lengan (pectoralis major, anterior deltoid, triceps) serta otot panggul (gluteus medius/maximus) untuk basis tenaga. Pola aktivasi yang ideal mempertahankan stabilitas scapulothoracic sehingga alignment lengan tidak berubah saat transfer torsi berlangsung; kegagalan menjaga aktivasi stabilisator meningkatkan risiko kehilangan akurasi dan beban berlebih pada kapsul/rotator cuff. Latihan neuromotor yang direkomendasikan meliputi diagonal medicine-ball throws, cable chops pada plane miring, dan drill propriocepsi yang mensimulasikan perubahan arah lawan untuk memperbaiki timing dan presisi (Li & Liu, 2025).

4. Serangan Siku Bawah

Serangan siku bawah (under elbow) adalah teknik jarak sangat dekat yang dieksekusi dengan

lintasan vertikal atau sedikit melengkung ke atas, menargetkan dagu, rahang, atau rongga tubuh bagian atas lawan. Teknik ini umumnya dimulai dari posisi rendah atau compact dengan lutut sedikit fleksi dan berat badan terpusat lalu diikuti oleh dorongan eksplosif ke atas yang melibatkan perpanjangan pinggul (hip extension) dan knee drive untuk menaikkan pusat massa tubuh dan meneruskan energi ke trunk serta ekstremitas atas. Karena kontak menggunakan ujung siku dengan lintasan naik, serangan ini mengandalkan impulse vertikal yang singkat namun sangat intens, sehingga timing dan jarak sangat menentukan efektivitasnya.

Cara melakukan sebagai berikut.

- a. Posisi awal berdiri dengan sikap kuda-kuda, yaitu kaki kiri dengan lutut ditekuk dan kaki kanan lurus ke belakang.
- b. Untuk melakukan serangan kepada lawan, tangan kiri ditekuk di depan dada dalam keadaan tegak lurus, kemudian dipukulkan ke bawah, yaitu ke arah sasaran, sedangkan tangan kanan ditekuk di samping badan. Berikut adalah gambar dari serangan siku bawah:



Gambar 4. Serangan Siku Bawah

Secara biomekanika, serangan siku bawah memanfaatkan kombinasi hip drive (ekstensi pinggul dan knee) dan rotasi kecil trunk untuk menghasilkan vektor gaya yang dominan vertikal dengan komponen linier ke depan. Prinsip proximal-to-distal sequencing tetap berlaku dimana GRF yang dihasilkan oleh kaki dikonversi menjadi momentum vertikal melalui aktivasi gluteus maximus dan quadriceps, diikuti stabilisasi dan transfer torsi oleh otot core (erector spinae, rectus abdominis, obliques) sebelum mencapai bahu dan siku. Parameter kinematik penting meliputi peak vertical acceleration ujung siku, sudut fleksi-ekstensi panggul pada inisiasi, dan sudut siku pada momen kontak; parameter kinetik yang relevan adalah peak vertical impulse dan rate of force development (RFD) pada fase propulsif (Ahmad et al., 2024).

Neuromuskular, serangan ini menuntut rekrutan otot-otot besar untuk menghasilkan daya vertikal cepat termasuk gluteus maximus, quadriceps, erector spinae, serta anterior deltoid dan triceps sebagai eksekutor akhir ditambah peran stabilisator scapula dan rotator cuff untuk menjaga alignment bahu saat transmisi energi. Urutan aktivasi yang efisien (hip → trunk → shoulder → siku) memaksimalkan RFD dan mengurangi kebutuhan kompensasi lokal pada lengan. Kesalahan teknik yang sering muncul adalah kurangnya hip drive (mengandalkan lengan), elevasi bahu yang berlebihan (meningkatkan risiko impingement), dan eksposur cervical/head ketika trunk terangkat terlalu dini; semua ini dapat menurunkan peak impulse dan meningkatkan risiko cedera (Li & Liu, 2025).

E. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian dan analisis biomekanika, dapat disimpulkan bahwa setiap teknik serangan tangan dalam pencak silat khususnya variasi gerakan siku melibatkan koordinasi yang kompleks antara sistem otot, sendi, dan rangka tubuh. Efektivitas gerakan sangat

bergantung pada kemampuan atlet dalam memanfaatkan gaya reaksi tanah, rotasi panggul, dan kestabilan inti tubuh untuk mentransfer energi secara efisien dari segmen bawah ke segmen atas. Penerapan prinsip *kinetic chain* dan *proximal-to-distal sequencing* menjadi dasar utama dalam menghasilkan gaya dan kecepatan pukulan yang maksimal tanpa kehilangan keseimbangan tubuh. Dengan demikian, teknik serangan yang tampak sederhana sejatinya merupakan hasil integrasi biomekanika yang presisi antara kekuatan, stabilitas, dan kontrol postural.

Secara keseluruhan, pemahaman terhadap aspek biomekanika pada gerak serangan tangan pencak silat memberikan kontribusi penting dalam upaya peningkatan performa atlet dan pencegahan cedera. Pendekatan latihan berbasis biomekanika memungkinkan pelatih untuk menyesuaikan pola gerak, memperbaiki sinkronisasi antar-segmen tubuh, serta memperkuat otot-otot yang berperan dominan dalam transfer tenaga. Dengan menggabungkan teknik tradisional

dan analisis ilmiah, pencak silat dapat dikembangkan menjadi olahraga bela diri yang tidak hanya menonjolkan aspek estetika dan filosofi, tetapi juga berlandaskan pada efisiensi gerak tubuh manusia secara ilmiah dan terukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, N., Muhammad, M., Dyah, A. I., Bahauddin, M. A., & Ismawati, N. (2024). *Gerakan Tubuh Manusia: Biomekanika Dalam Olahraga*. Balikpapan: Borneo Novelty Publishing
- Candra, J. (2021). *Pencak Silat*. Bandung: Deepublish.
- Daharis, D., Gazali, N., & Candra, O. (2022). *Biomekanika Olahraga*. Malang: Ahli Media
- Darmawan, A. D., Adelliana, A., Cahyani, E. D., & Triana, A. N. (2023). Pencak Silat dan Nilai Sosial dalam Masyarakat: Literature Review. *PENJAGA: Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 4(1), 28-35.
- Ilahi, R., Temmassonge, A., Risal, A. W., & Dos Santos, M. H. (2025). *Pencak Silat*. Jakarta: Penerbit NEM.
- Li, G., & Liu, N. (2025). Research on the Application of Intelligent Sensor Data Analysis in Optimizing Martial Arts Training

- Movement Techniques. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 2540843.
- Muminah, N. (2023). Tinjauan Pustaka Biomekanika Pukulan Straight Dalam Cabang Olahraga Tinju. *Jurnal Sport Rokania*, 3(1), 71-75.
- Nubatonis, J. D., Sulistiyono, S., Husein, M., Septianto, I., Runesi, S., Zakiah, D. M. N., ... & Salacup, V. L. D. (2024). Optimizing Arm Muscle Endurance in Pencak Silat Athletes: Insights from a Literature Review. *Tanjungpura Journal of Coaching Research*, 2(3), 131-141.
- Nurhadi, M. D. A., Resty, R. G., & Wijaya, H. H. (2023). ANALISIS BIOMEKANIKA GERAKAN KARATE TEKNIK TENDANGAN MAWASHI GERI. *Jurnal Arena Olahraga Silampari*, 3(2), 35-41.
- Pangemanan, M., Langi, V. S., & Moleong, M. M. L. (2025). ANALISIS BIOMEKANIKA TENDANGAN AP CHAGI CABANG OLAHRAGA TAEKWONDO DI CLUB LEVEL TC MANADO. *Olympus: Jurnal Pendidikan Kesehatan dan Rekreasi*, 6(01), 10-21.
- Putri, R. G., & Indrayuda, I. (2024). Kajian Bentuk Gerak dan Tujuan Serangan Silek Taralak di Perguruan Talago Biru Maninjau Kecamatan Tanjung Raya. *Abstrak: Jurnal Kajian Ilmu seni, Media dan Desain*, 1(6), 50-61.
- Wardani, M. Y., & Wahyudi, A. R. (2025). Efektifitas Efektifitas Jenis Serangan Cabang Olahraga Pencak Silat Kategori Tanding Putra Pada Popda Jatim 2024: Efektifitas Jenis Serangan Pencak Silat. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 8(2), 808-813.