

KUANTIFIKASI *MUSCLE ACTIVATION LOWER EXTREMITIES* SAAT GERAKAN *SHOOTING* PADA ATLET PETANQUE

Sri Indah Ihsani^{1*}, Ela Yuliana¹, Yuliasih¹, Nadya Dwi Oktafiranda¹, Dzulfiqar Diyananda¹

¹Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Pemuda No.10, Rawamangun, Jakarta Timur, DKI Jakarta, Indonesia.

sri_indah@unj.ac.id, ela_yuliana@unj.ac.id, yuliasih@unj.ac.id, nadyadwi@unj.ac.id,
dzulfiqar_diyananda@unj.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkuantifikasi aktivitas otot pada tubuh bagian bawah khususnya otot Hamstring dan Quadriceps saat gerakan shooting pada atlet petanque. Aktivitas otot untuk menunjukkan keseimbangan otot yang berperan dalam suatu gerakan agar tidak meningkatkan faktor risiko cedera pada atlet. Instrumen pengukuran ini menggunakan elektromiografi (EMG) dengan peletakkan 4 elektroda di otot hamstring dan quadriceps, baik kaki kanan maupun kaki kiri. Subjek penelitian ini yaitu atlet petanque laki-laki berjumlah 12 orang dengan rata-rata usia 22 tahun dan IMT 22,81 kg/m². Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai aktivasi otot saat shooting pada quadriceps yaitu 93,48 μ V dan hamstring kanan yaitu 87,29 μ V, serta tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai aktivitas otot pada quadriceps dan hamstring kiri yaitu 95,47 μ V dan 73,34 μ V, serta tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Selain itu, perbandingan nilai quadriceps kanan terhadap quadriceps kiri serta hamstring kanan terhadap hamstring kiri tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

Kata kunci : petanque, elektromiografi, *shooting*, aktivitas otot, risiko cedera

QUANTIFICATION OF MUSCLE ACTIVATION LOWER EXTREMITIES DURING SHOOTING MOVEMENTS IN PETANQUE ATHLETES

Abstract

The study's goal is to assess lower-body muscle activity, specifically the Hamstring and Quadriceps muscles, during shooting movements in petanque athletes. Muscle activity is used to demonstrate the balance of muscles that play a role in a movement to reduce the risk of injury in athletes. This measurement device employs electromyography (EMG) by implanting four electrodes in the hamstring and quadriceps muscles of both the right and left legs. This study included 12 male petanque players with an average age of 22 years and a BMI of 22.81 kg/m². The findings of this investigation revealed that the quadriceps activation value was 93.48 μ V and the right hamstring activation value was 87.29 μ V, with no significant difference. The average values of muscular activity in the quadriceps and left hamstrings were 95.47 μ V and 73.34 μ V, respectively, with no statistically significant difference. Furthermore, no statistically significant difference ($p < 0,05$) was seen when comparing the values in the right quadriceps to the left quadriceps and the right hamstring to the left hamstring.

Keywords: petanque, electromyography, shooting, muscle activation, risk of injury

PENDAHULUAN

Cedera pada ekstremitas bawah masalah umum dalam dunia olahraga, terutama di cabang olahraga yang melibatkan lari dan melompat. Beberapa cedera ekstremitas bawah yang umum terjadi pada atlet adalah sebagai berikut: *patellofemoral pain syndrome (runner's knee)*, *achilles tendonitis*, *plantar fasciitis*, *hamstring strain*, *shin splints*, *iliotibial (IT) band*

syndrome, *stress fractures*, dan *medial tibial stress syndrome (shin splints)*. Penelitian sebelumnya telah mendokumentasikan prevalensi cedera ekstremitas bawah ini dengan baik, dan sebagian besar cedera tersebut terjadi pada olahraga yang menekankan gerakan lari dan melompat (Bel dkk., 2021; Davis dkk., 2021; Hanlon dkk., 2019; University of Iowa Sports Medicine Clinicians, 2021). Oleh karena itu, pengembangan program pelatihan yang efektif dan strategi pencegahan cedera sangat penting dalam dunia olahraga.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa program pencegahan cedera berbasis latihan untuk atlet telah memberikan hasil yang konsisten dalam mengurangi risiko cedera ekstremitas bawah (Bel dkk., 2021; Brunner dkk., 2019). Penelitian dari Faude dkk., (2017); Hanlon dkk., (2019); Monajati dkk., (2016) bahwa *neuromuscular exercise program* dan rutin pemanasan selama 15-20 menit untuk program pencegahan cedera yang paling efektif (Bel dkk., 2021). Selain itu, program pencegahan cedera yang efektif yaitu latihan kelincahan dan pliometrik yang dikombinasikan dengan latihan kekuatan dan keseimbangan otot ekstremitas bawah (Brunner dkk., 2019). Berdasarkan artikel dari University of Iowa Sports Medicine Clinicians, (2021) bahwa pemanasan yang tepat sebelum berolahraga juga dapat membantu mengurangi risiko cedera ekstremitas bawah. Penelitian-penelitian mengenai program pencegahan cedera pada otot ekstremitas bawah ini sudah banyak dilakukan pada berbagai gerakan cabang olahraga seperti lari dan lompat tinggi serta cabang olahraga tim, dan tidak terkecuali olahraga yang baru populer seperti petanque.

Petanque berkembang dan dikenal di Indonesia sejak tahun 2011, saat Indonesia menjadi tuan rumah SEA Games ke-26 (Pelana dkk., 2021). Petanque adalah olahraga tradisional Prancis yang telah menyebar ke seluruh dunia. Petanque membutuhkan akurasi dan presisi dengan melempar *boule* ke arah target (Pelana, 2016). Meskipun petanque sering dianggap sebagai olahraga rekreasi, para pemain profesional dalam olahraga ini juga dapat mengalami risiko cedera ekstremitas bawah yang signifikan akibat tekanan yang diterima oleh anggota tubuh tersebut. Namun, penelitian tentang cedera ekstremitas bawah pada petanque masih terbatas.

Beberapa penelitian terkait petanque yaitu investigasi akurasi dan konsentrasi dalam *shooting*, pengaruh panjang lengan dan daya tahan pada *shooting* petanque, dan hubungan antara cedera ekstremitas bawah dan olahraga tim. Salah satu penelitian bertujuan untuk menentukan hubungan antara konsentrasi dan koordinasi pada akurasi *shooting* petanque (Awang dkk., 2019). Penelitian tersebut menemukan bahwa terdapat hubungan antara konsentrasi dan koordinasi dengan akurasi *shooting* petanque. Penelitian lainnya menginvestigasi pengaruh panjang lengan, daya tahan lengan, dan rasa percaya diri pada *shooting* petanque (Pelana dkk., 2021). Penelitian tersebut menemukan bahwa terdapat pengaruh langsung dari panjang lengan, daya tahan lengan, dan rasa percaya diri pada *shooting* petanque. Selain itu, sebuah penelitian tentang olahraga tim mengidentifikasi beberapa faktor risiko intrinsik untuk cedera ekstremitas bawah, termasuk kurangnya kendali yang tepat pada lutut dan tubuh (Pasanen dkk., 2017).

Pemain petanque harus menemukan posisi khusus saat melempar *boule* atau bola besi (bosi), yang melibatkan gerakan kaki dan tubuh yang kompleks. Ketika mencoba memahami pengaruh postur terhadap risiko cedera ekstrem pada atlet petanque, ditemukan bahwa penelitian sebelumnya dalam olahraga seperti bola basket dan sepak bola telah mencoba mengidentifikasi hubungan serupa. Akan tetapi, dalam cabang olahraga petanque, pengetahuan yang ada sangat terbatas, dan ini menciptakan sebuah kesenjangan dalam pemahaman kita mengenai mekanisme faktor risiko cedera dalam olahraga ini.

Mekanisme faktor risiko cedera dapat diukur dengan menggunakan elektromiografi. Elektromiografi (EMG) adalah teknik yang mengukur aktivitas listrik otot. Ini melibatkan penempatan elektroda kecil di kulit untuk mengukur aktivitas listrik serat otot. EMG dapat digunakan untuk menilai risiko cedera dengan mengukur aktivitas otot selama gerakan dan

mengidentifikasi ketidakseimbangan atau kelemahan yang mungkin meningkatkan risiko cedera. EMG dapat menjadi alat yang berguna dalam mendiagnosis dan merawat gangguan gerakan yang memengaruhi ekstremitas atas dan batang tubuh (Gechev dkk., 2016; Ranavolo dkk., 2018; Westgaard, 2000). Pengukuran aktivitas otot dapat membantu mengidentifikasi gerakan tertentu yang memicu tingkat aktivasi otot tinggi atau pengulangan, yang dapat membantu mengidentifikasi risiko cedera (Hagyard, 2021).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi aktivitas otot menggunakan EMG pada bagian tubuh bawah yang terlibat selama tahap tembakan dalam olahraga petanque. Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan wawasan berharga yang meningkatkan keselamatan dan efektivitas program pelatihan serta mengurangi risiko cedera pada atlet petanque. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang biomekanika dalam tembakan dan risiko cedera ekstremitas bawah yang terkait adalah hal yang sangat penting dalam pengembangan program pelatihan yang efektif dan strategi pencegahan cedera pada olahraga petanque.

METODE

Penelitian deskriptif adalah pendekatan penelitian yang digunakan untuk menggambarkan dan mengukur fenomena atau variabel tertentu tanpa melakukan manipulasi eksperimental. Dalam penelitian deskriptif yang melibatkan EMG pada pemain petanque, peneliti akan mencatat dan mengukur aktivitas listrik otot-otot yang terlibat selama bermain petanque.

Subjek yang akan digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan purposive sampling. Adapun kriteria inklusi dalam penelitian ini yaitu subjek merupakan laki-laki, anggota aktif KOP petanque UNJ dan berlatih minimal 2x seminggu. Kriteria eksklusi penelitian ini adalah subjek tidak sedang menggunakan obat inflamasi atau dopping.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini yaitu elektromiografi NeuroTrac Myoplus Pro dengan menggunakan 2 channel. Otot-otot yang diukur yaitu otot quadriceps kanan dan kiri, serta otot hamstring kanan dan kiri. Sebelum pengukuran menggunakan EMG, dilakukan pengukuran berat badan, BMI, dan persentase lemak tubuh menggunakan Mi Scale dan pengukuran tinggi badan menggunakan Seca Portable Stadiometer.

Tahapan pengukuran EMG dibagi menjadi dua yaitu pengukuran *Maximum Voluntary Contraction* (MVC) dan pengukuran %MVC saat melakukan gerakan *shooting*. Sebelum pengukuran, otot yang akan diukur harus dibersihkan terlebih dahulu untuk memastikan kontak yang baik antara elektroda dan kulit. Pasang elektroda pada kulit di atas otot yang dituju. Elektroda ini akan merekam sinyal aktivitas listrik otot. Selanjutnya, mulai merekam aktivitas otot dengan peralatan EMG yang sesuai. Instruksikan subjek untuk melakukan gerakan tembakan dalam kondisi yang sesuai dengan permainan petanque. Rekam data EMG selama gerakan tembakan. Olah data EMG yang telah direkam. Ini dapat melibatkan analisis frekuensi, amplitudo, dan pola aktivitas otot. Analisis data EMG untuk menentukan variasi posisi tembakan atau gerakan berkontribusi pada aktivitas otot. Analisis statistik menggunakan SPSS IBM 26 dengan menggunakan pengujian t-test ($p < 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan data antropometri yang ditunjukkan pada Tabel 1. Data tersebut mencakup karakteristik dari 12 atlet petanque laki-laki, termasuk usia, usia latihan, tinggi tubuh, massa tubuh, Indeks Massa Tubuh (IMT), dan persentase lemak tubuh. Rata-rata usia partisipan adalah sekitar 22,09 tahun, dengan rata-rata lama latihan sekitar 5,27 tahun. Tinggi badan rata-rata adalah sekitar 169,27 cm, dan berat badan rata-rata adalah

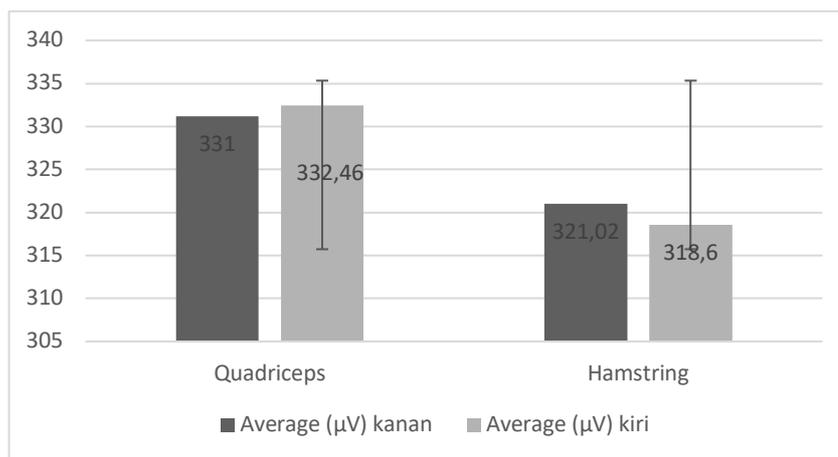
sekitar 65,39 kg. Rata-rata BMI adalah sekitar 22,81 kg/m², dan rata-rata persentase lemak tubuh adalah sekitar 18,48%.

Tabel 1. Data Antropometri Atlet Petanque

Variabel	Putra (n=12)
Usia (tahun)	22,09 ± 2,66
Tinggi Tubuh (cm)	169,27 ± 6,46
Massa Tubuh (kg)	65,39 ± 10,99
IMT (kg/m ²)	22,81 ± 2,92
Lemak Tubuh (%)	18,48 ± 6,66
Lama Latihan (tahun)	5,27 ± 2,00

Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa rata-rata tinggi tubuh atlet petanque mencapai 169 cm. Penemuan ini menunjukkan perbedaan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan rata-rata tinggi tubuh atlet petanque sekitar 173 cm (Ashari & Apriani, 2023; Hanief & Purnomo, 2019). Meskipun demikian, dengan rata-rata tinggi tubuh tersebut, atlet petanque yang kami teliti tampak berada dalam kisaran tinggi badan yang masuk dalam kategori normal bagi populasi usia mereka di Indonesia (Anugrah dkk., 2021). Tinggi badan telah terbukti menjadi elemen penting yang memengaruhi hasil dalam olahraga petanque. Beberapa penelitian terdahulu telah menyoroti bahwa tinggi badan memiliki hubungan yang kuat dengan pencapaian prestasi atlet dalam olahraga petanque (Hanief & Purnomo, 2019). Studi lainnya, tidak hanya dalam olahraga petanque, tetapi juga dalam olahraga lain seperti sepak bola, renang, bola voli, dan bola basket, telah mengkonfirmasi pola yang konsisten dalam korelasi positif antara tinggi badan atlet dan kemampuan serta prestasi mereka dalam arena olahraga (Majid, 2021; Walker, 2016; Zouch dkk., 2016).

Data pada variabel berat badan dan IMT menunjukkan bahwa atlet petanque yang kami teliti berada di dalam kategori rata-rata bagi populasi usia mereka di Indonesia (Muljati, 2016). Sedangkan pada persentase lemak tubuh data menunjukkan bahwa atlet petanque yang kami teliti memiliki persentase lemak tubuh rata-rata sebesar 18%. Pada olahraga petanque, belum ada penelitian yang menyimpulkan adanya berat badan, IMT, dan persentase lemak badan dengan performa di lapangan dan prestasi. Berbeda dengan cabang olahraga lain futsal dan sepak bola yang berkorelasi positif antara tinggi badan dan performa pemain di lapangan (Lesinski dkk., 2017; Spyrou dkk., 2020). Dengan demikian, berdasarkan hasil penelitian tersebut, peneliti belum mampu menjelaskan fenomena tersebut. Hasil temuan ini menggarisbawahi pentingnya memahami variasi antropometri dalam populasi atlet petanque dan bagaimana faktor-faktor lingkungan, budaya, dan genetik dapat memengaruhi karakteristik fisik mereka. Dengan mengetahui bahwa atlet petanque dalam penelitian ini memiliki tinggi tubuh yang sesuai dengan standar populasi Indonesia, hal ini dapat memberikan wawasan yang berharga bagi pelatih, pengurus, dan peneliti dalam memahami konteks fisik atlet dan pengembangan program pelatihan yang sesuai.

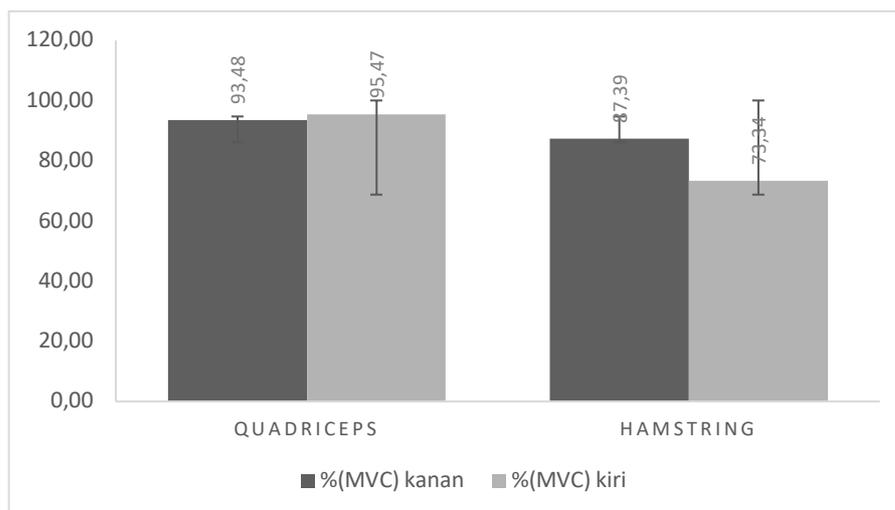


Gambar 1. MVC pada masing-masing Otot Quadriceps dan Hamstring kanan dan kiri

Hasil pengukuran MVC (*Maximum Voluntary Contraction*) pada otot quadriceps dan hamstring pada sisi kanan dan kiri tubuh (Gambar 1). Temuan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai MVC otot quadriceps dan hamstring antara sisi kanan dan kiri. Secara spesifik, nilai MVC untuk quadriceps kanan adalah 331 μV , quadriceps kiri adalah 332,46 μV , hamstring kanan adalah 321,02 μV , dan hamstring kiri adalah 318,6 μV . Analisis statistik menegaskan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sisi tubuh dalam hal MVC untuk kedua kelompok otot tersebut. Lebih lanjut, hasil dari Grafik 1 juga menunjukkan bahwa tidak terdapat dominasi otot pada sisi tubuh yang lebih kuat dalam hal MVC. Hal ini diperkuat dengan temuan bahwa nilai MVC quadriceps pada sisi kiri lebih besar dibandingkan dengan quadriceps pada sisi kanan, menunjukkan bahwa sisi kaki yang dominan tidak selalu memiliki MVC yang lebih tinggi. Meskipun demikian, perbedaan ini tidak mencapai tingkat signifikansi statistik. Temuan ini menyoroti kompleksitas dalam dinamika kekuatan otot pada tubuh manusia dan menunjukkan bahwa MVC tidak selalu konsisten dengan kekuatan dominan pada sisi tubuh tertentu (Torres dkk., 2020; Yu dkk., 2022).

Dalam penelitian ini juga ditemukan bahwa otot hamstring pada sisi kanan menunjukkan nilai MVC yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi kiri. Temuan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang mengindikasikan bahwa aktivitas otot pada sisi dominan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan sisi non-dominan, mungkin karena frekuensi penggunaan yang lebih sering pada aktivitas sehari-hari (Sertel dkk., 2022). Sebagai tambahan, penelitian yang meneliti perbedaan aktivitas otot antara sisi dominan dan non-dominan pada atlet sepak bola Amerika menunjukkan bahwa Quadriceps pada sisi dominan menunjukkan kekuatan yang lebih besar daripada Quadriceps pada sisi non-dominan, tetapi tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam kekuatan Hamstring antara sisi yang dominan dan non-dominan (TaThicıođlu dkk., 2019).

Temuan ini menyoroti kompleksitas dalam dinamika kekuatan otot pada tubuh manusia, terutama terkait dengan perbedaan antara sisi tubuh dominan dan non-dominan. Meskipun otot quadriceps pada sisi dominan cenderung memiliki kekuatan yang lebih besar, hal ini tidak selalu berlaku untuk otot hamstring. Pemahaman lebih lanjut tentang faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan otot pada kedua sisi tubuh dapat memberikan wawasan yang berharga untuk pengembangan program latihan yang lebih efektif dalam meningkatkan keseimbangan dan kinerja otot pada atlet.



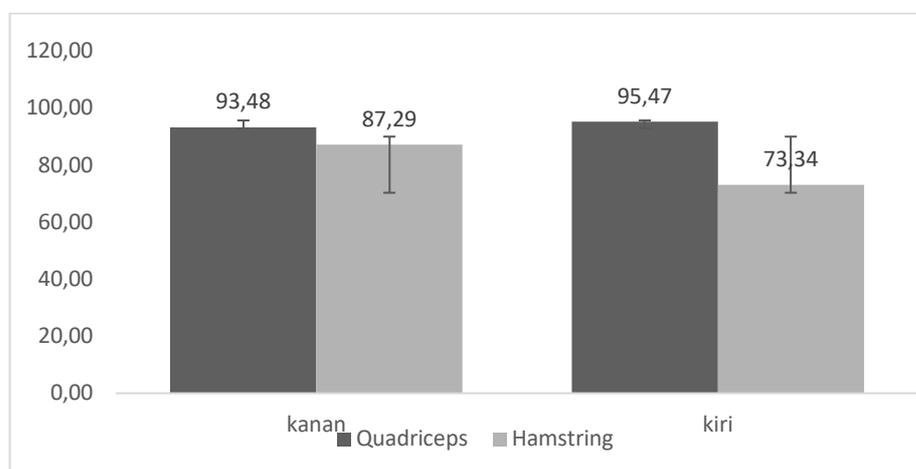
Gambar 2. Persentase MVC masing-masing Otot Quadriceps dan Hamstring baik Kanan maupun Kiri saat Gerakan *Shooting*

Penelitian ini memperlihatkan data persentase *Maximum Voluntary Contraction* (MVC) saat melakukan gerakan shooting pada otot quadriceps dan hamstring pada sisi kanan dan kiri tubuh. Persentase MVC mencerminkan seberapa besar aktivitas otot selama pengujian dibandingkan dengan kekuatan maksimal yang dapat dihasilkan oleh otot tersebut (Torres dkk., 2020, 2021). Hasil menunjukkan bahwa pada otot quadriceps, persentase MVC pada sisi kiri (95,47%) sedikit lebih tinggi daripada sisi kanan (93,48%), menunjukkan bahwa otot quadriceps kiri memiliki tingkat aktivitas yang sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan otot quadriceps kanan. Di sisi lain, pada otot hamstring, persentase MVC pada sisi kanan (87,39%) lebih tinggi daripada sisi kiri (73,34%), menunjukkan bahwa otot hamstring kanan memiliki tingkat aktivitas yang lebih tinggi daripada otot hamstring kiri. Meskipun demikian, tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua sisi otot baik pada otot quadriceps maupun hamstring.

Interpretasi dari temuan ini menunjukkan adanya potensi asimetri dalam aktivitas otot quadriceps dan hamstring antara sisi kanan dan kiri tubuh. Namun, perbedaan ini tidak mencapai tingkat signifikansi statistik. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun terdapat kecenderungan adanya perbedaan dalam aktivitas otot antara sisi tubuh, perbedaan tersebut mungkin tidak memiliki dampak yang signifikan secara fungsional dalam konteks gerakan *shooting* yang diteliti. Masih terbatasnya penelitian yang menghubungkan antara aktivitas otot quadriceps dan hamstring antara sisi kanan dan kiri tubuh di dalam olahraga petanque terhadap performa atau prestasi menyebabkan kami kesulitan menghubungkan fenomena yang terjadi. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut mungkin diperlukan untuk memahami lebih lanjut asimetri otot ini dan implikasinya terhadap kinerja motorik pada gerakan shooting dalam olahraga yang petanque. Namun, beberapa penelitian sebelumnya disebutkan bahwa asimetri dalam aktivitas otot quadriceps dan hamstring antara sisi kanan dan kiri tubuh cenderung menyebabkan cedera khususnya di bagian lutut (Torres dkk., 2020).

Asimetri dalam tubuh dapat diperbaiki melalui penerapan program latihan yang sesuai, yang dirancang khusus untuk meningkatkan fungsi muskuloskeletal dengan memperhatikan kebutuhan individu sebagai bagian penting dari strategi rehabilitasi, pencegahan, atau pemeliharaan (LaPrade dkk., 2014). Salah satu pendekatan utama yang telah mendapatkan perhatian luas adalah latihan menahan beban fungsional, yang dianggap sebagai metode yang efektif untuk memperkuat ekstremitas bawah (Torres dkk., 2020, 2021). Penelitian sebelumnya yang memanfaatkan teknologi *elektromiografi* (EMG), gerakan dasar yang diperkuat dengan penambahan beban tambahan seperti *forward lunge*, *Bulgarian squat*, *lateral step-ups*, *squat*, seringkali menjadi pilihan utama karena kemudahannya dalam

direproduksi (Torres dkk., 2020) Pentingnya latihan semacam ini terletak pada fakta bahwa jenis latihan tersebut tidak menyebabkan kelelahan otot yang berlebihan pada pemain, sehingga dapat dilaksanakan secara konsisten baik selama periode pramusim maupun musim (Torres dkk., 2020, 2021). Selain itu, jenis latihan-latihan tersebut dianggap sederhana namun efektif untuk memperkuat otot-otot paha depan dan belakang (Muyor dkk., 2020).



Gambar 3. Perbandingan Persentase MVC antara Otot Quadriceps dengan Hamstring baik Kanan maupun Kiri saat Gerakan *Shooting*

Penelitian ini menggambarkan perbandingan aktivitas otot Quadriceps dan Hamstring pada kedua sisi tubuh (Gambar 3). Diperoleh bahwa pada sisi kanan, perbandingan antara otot Quadriceps dan Hamstring adalah sekitar 6,19%, tanpa adanya perbedaan yang signifikan. Di sisi lain, pada sisi kiri, perbandingan yang sama menunjukkan selisih sebesar 22,13%, juga tanpa perbedaan yang signifikan. Penemuan ini menegaskan bahwa saat melakukan gerakan shooting, aktivitas otot Quadriceps dan Hamstring pada sisi kanan cenderung seimbang dibandingkan dengan sisi kiri. Keseimbangan kekuatan otot Quadriceps dan Hamstring, baik pada sisi kanan maupun kiri, merupakan aspek yang penting dalam konteks kinerja olahraga dan pencegahan cedera, terutama pada bagian tubuh bagian bawah (Faxon dkk., 2018; Nodehi-Moghadam dkk., 2015; Pringga dkk., 2021). Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa ketidakseimbangan kekuatan otot ini dapat berdampak negatif terhadap performa atlet dan meningkatkan risiko cedera (Faxon dkk., 2018; Thomas J. Hemmings dkk., 2017).

Pada penelitian ini, uji kekuatan isokinetik digunakan sebagai metode pengukuran untuk menilai rasio hamstring terhadap quadriceps (H/Q) antara sisi kanan dan kiri, yang dikenal sebagai faktor penting dalam kontribusi terhadap cedera otot ekstremitas bawah (Bahr, 2003; França et al., 2023; Zvijac et al., 2014.) Dalam konteks ini, rasio H/Q yang tidak melebihi 0,6 saat melakukan *Maximum Voluntary Contraction* (MVC) dianggap sebagai acuan (Ruas dkk., 2019). Dari hasil penelitian ini, terlihat bahwa rasio aktivitas otot hamstring dan quadriceps saat melakukan gerakan shooting pada atlet petanque masih mematuhi nilai rasio tersebut. Perbedaan yang diamati dalam aktivitas otot antara sisi kanan dan kiri mengindikasikan kemungkinan ketidakseimbangan kekuatan otot di kedua sisi tubuh. Penelitian sebelumnya menyimpulkan bahwa semakin besar perbedaan aktivitas otot antara kedua sisi, semakin besar pula kemungkinan terdapat ketidakseimbangan otot yang dapat memengaruhi kinerja atlet atau meningkatkan risiko cedera (Torres dkk., 2020, 2021).

Hasil penelitian ini memberikan implikasi yang signifikan dalam pengembangan program latihan yang bertujuan untuk mencapai keseimbangan kekuatan otot di kedua sisi tubuh, yang pada gilirannya dapat mengurangi risiko cedera dan meningkatkan performa atlet

dalam konteks olahraga petanque. Implikasi ini menekankan pentingnya intervensi latihan yang terarah untuk mengatasi potensi ketidakseimbangan otot yang dapat memengaruhi kesehatan dan prestasi atlet. Program latihan yang tepat dapat membantu memastikan bahwa otot-otot yang terlibat dalam gerakan shooting mendapatkan pemeliharaan yang seimbang dan optimal, yang merupakan faktor kunci dalam menjaga performa atletik yang konsisten dan mengurangi risiko cedera yang berpotensi merugikan.

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, penggunaan uji kekuatan isokinetik sebagai metode utama dalam mengukur rasio hamstring terhadap quadriceps (H/Q) mungkin memiliki keterbatasan dalam mencerminkan kondisi sebenarnya selama aktivitas olahraga petanque yang melibatkan gerakan shooting. Kedua, penelitian ini hanya mempertimbangkan aktivitas otot saat melakukan gerakan shooting pada atlet petanque, tanpa mempertimbangkan aspek-aspek lain dari performa atau gerakan olahraga lainnya yang mungkin memiliki dampak pada keseimbangan kekuatan otot. Selain itu, partisipan penelitian yang terbatas dalam jumlah dan latar belakang dapat membatasi generalisasi temuan ini ke populasi atlet petanque secara keseluruhan. Terakhir, faktor-faktor lain yang tidak dipertimbangkan dalam penelitian ini, seperti kebugaran umum, pola latihan, dan cedera sebelumnya, juga dapat memengaruhi keseimbangan kekuatan otot dan perlu dipertimbangkan dalam penelitian lanjutan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan dalam aktivitas otot quadriceps dan hamstring antara sisi tubuh kanan dan kiri pada atlet petanque. Temuan menunjukkan bahwa otot hamstring pada sisi kanan memiliki nilai MVC yang lebih tinggi dibandingkan dengan sisi kiri, sementara tidak terdapat perbedaan yang signifikan dalam aktivitas otot quadriceps antara kedua sisi. Hasil ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa otot pada sisi dominan cenderung memiliki aktivitas yang lebih tinggi, namun, kompleksitas dinamika otot tubuh manusia menunjukkan bahwa hal ini tidak selalu berlaku untuk semua otot dan sisi tubuh. Kesimpulan ini menggarisbawahi pentingnya memperhitungkan asimetri otot dalam perencanaan program latihan untuk meningkatkan keseimbangan dan performa atlet petanque. Pemahaman yang lebih baik tentang faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan otot pada kedua sisi tubuh dapat membantu dalam pengembangan intervensi latihan yang lebih efektif untuk mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kinerja atlet. Namun demikian, diperlukan penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih besar dan variasi metodologi yang lebih luas untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang kompleksitas dinamika otot pada tubuh manusia, terutama dalam konteks olahraga petanque.

DAFTAR PUSTAKA

- Anugrah, S. M., Triprayogo, R., & Zubaida, I. (2021). Physical activity of high school students in the city of Cilegon, Banten Province. *Jurnal SPORTIF : Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 7(1), 93–104. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v7i1.15626
- Ashari, A. T., & Apriani, L. (2023). Hubungan Tinggi Badan dan Kekuatan Otot Lengan Terhadap Ketepatan Hasil Shooting pada UKM Petanque Uir. *Journal of S.P.O.R.T*, 7(1), 22–31. <https://doi.org/10.37058/sport.v7i1.6514>
- Awang, F., I*, I., Fajar, D., Permana, W., Akromawati, H. R., & Yang-Tian, H. (2019). Health and Recreations Polytechnic. *Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 8(2), 96–100. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/peshr>

- Bahr, R. (2003). Risk factors for sports injuries-a methodological approach. Dalam *Br J Sports Med* (Vol. 37). www.bjsportmed.com
- Bel, L., Mathieu, N., Ducrest, V., & Bizzini, M. (2021). Lower Limb Exercise-Based Injury Prevention Programs Are Effective in Improving Sprint Speed, Jumping, Agility and Balance: an Umbrella Review. Dalam *International Journal of Sports Physical Therapy* (Vol. 16, Nomor 6, hlm. 1396–1404). North American Sports Medicine Institute. <https://doi.org/10.26603/001C.29860>
- Brunner, R., Friesenbichler, B., Casartelli, N. C., Bizzini, M., Maffiuletti, N. A., & Niedermann, K. (2019). Effectiveness of multicomponent lower extremity injury prevention programmes in team-sport athletes: an umbrella review. *British Journal of Sports Medicine*, 53(5), 282. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098944>
- Davis, A. C., Emptage, N. P., Pounds, D., Woo, D., Sallis, R., Romero, M. G., & Sharp, A. L. (2021). The Effectiveness of Neuromuscular Warmups for Lower Extremity Injury Prevention in Basketball: A Systematic Review. *Sports Medicine - Open*, 7(1), 67. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00355-1>
- Faude, O., Rössler, R., Petushek, E. J., Roth, R., Zahner, L., & Donath, L. (2017). Neuromuscular adaptations to multimodal injury prevention programs in youth sports: A systematic review with meta-analysis of randomized controlled trials. Dalam *Frontiers in Physiology* (Vol. 8, Nomor OCT). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00791>
- Faxon, J. L., Sanni, A. A., & McCully, K. K. (2018). Hamstrings and quadriceps muscles function in subjects with prior ACL reconstruction surgery. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 3(4). <https://doi.org/10.3390/jfmk3040056>
- França, C., Santos, F., Caldeira, R. Ido, Marques, A., Ihle, A., Lopes, H., & Gouveia, É. R. (2023). Strength and conditioning programs in youth athletes: a systematic review. *Human Movement*, 24(3), 1–16. <https://doi.org/10.5114/hm.2023.127970>
- Gechev, A., Kane, N. M., Koltzenburg, M., Rao, D. G., & van der Star, R. (2016). Potential risks of iatrogenic complications of nerve conduction studies (NCS) and electromyography (EMG). Dalam *Clinical Neurophysiology Practice* (Vol. 1, hlm. 62–66). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2016.09.003>
- Hanief, Y. N., & Purnomo, A. M. I. (2019). Petanque: Apa saja faktor fisik penentu prestasinya? *Jurnal Keolahragaan*, 7(2). <https://doi.org/10.21831/jk.v7i2.26619>
- Hanlon, C., Krzak, J. J., Prodoehl, J., & Hall, K. D. (2019). Effect of Injury Prevention Programs on Lower Extremity Performance in Youth Athletes: A Systematic Review. *Sports Health*, 12(1), 12–22. <https://doi.org/10.1177/1941738119861117>
- Jonathan Hagyard. (2021). *Electromyography (EMG) in Ergonomics: Wireless technology to assess injury risks*. <https://delsyseurope.com/electromyography-emg-in-ergonomics-wireless-technology-to-assess-injury-risks/>.
- LaPrade, R. F., Surowiec, R. K., Sochanska, A. N., Hentkowski, B. S., Martin, B. M., Engebretsen, L., & Wijdicks, C. A. (2014). Epidemiology, identification, treatment and return to play of musculoskeletal-based ice hockey injuries. Dalam *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 48, Nomor 1, hlm. 4–10). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093020>
- Lesinski, M., Prieske, O., Helm, N., & Granacher, U. (2017). Effects of soccer training on anthropometry, body composition, and physical fitness during a soccer season in female elite young athletes: A prospective cohort study. *Frontiers in Physiology*, 8(DEC). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01093>
- Majid, N. C. (2021). The Effect of Sprint Training on Vertical Jump Height of Female Youth Volleyball Players. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 9(2), 334–339. <https://doi.org/10.13189/saj.2021.090222>

- Monajati, A., Larumbe-Zabala, E., Goss-Sampson, M., & Naclerio Naclerio, F. (2016). The effectiveness of injury prevention programs to modify risk factors for non-contact anterior cruciate ligament and hamstring injuries in uninjured team sports athletes: A systematic review. *PLoS ONE*, *11*(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155272>
- Muljati. (2016). *Gambaran median tinggi badan dan berat badan ... (Muljati S; dkk). 2013*(2), 137–144.
- Muyor, J. M., Martín-Fuentes, I., Rodríguez-Ridao, D., & Antequera-Vique, J. A. (2020). Electromyographic activity in the gluteus medius, gluteus maximus, biceps femoris, vastus lateralis, vastus medialis and rectus femoris during the Monopodal Squat, Forward Lunge and Lateral Step-Up exercises. *PLoS ONE*, *15*(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0230841>
- Nodehi-Moghadam, A., Mosallanezad, Z., & Hoseinzadeh, S. (2015). *PHYSICAL TREATMENTS Soghra Ahi Difference in Hamstring-to-Quadriceps Ratio and Dynamic Stability between Limbs in Elderly People* (Vol. 5, Nomor 1).
- Pasanen, K., Rossi, M. T., Parkkari, J., Heinonen, A., Steffen, K., Myklebust, G., Krosshaug, T., Vasankari, T., Kannus, P., Avela, J., Kulmala, J. P., Perttunen, J., Kujala, U. M., & Bahr, R. (2017). Predictors of lower extremity injuries in team sports (PROFITS-study): A study protocol. *BMJ Open Sport and Exercise Medicine*, *1*(1). <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2015-000076>
- Pelana, R. (2016). Hubungan Kekuatan Otot Tungkai Dan Keseimbangan Statis Dengan Hasil Shooting Pada Atlet Klub Petanque. *Prosiding Seminar Nasional Peran Pendidikan Jasmani dalam Menyangga Interdisipliner Ilmu Keolahragaan*.
- Pelana, R., Setiakarnawijaya, Y., Dwiyana, F., Sari, L. P., Abdurrahman, Antoni, R., & Yusmawati. (2021). The effect of arm length, arm endurance and self-confidence on petanque shooting. *Journal of Physical Education and Sport*, *21*(4), 2381–2388. <https://doi.org/10.7752/jpes.2021.s4319>
- Pringga, G. A., Andriana, R. A. M., Wardhani, I. L., & Arfianti, L. (2021). Comparison of Hamstrings and Quadriceps Femoris Muscle Thickness Increment between Agonist-Antagonist Paired Set and Traditional Set Resistance Training in Untrained Healthy Subjects. *Surabaya Physical Medicine and Rehabilitation Journal*, *3*(2), 60. <https://doi.org/10.20473/spmrj.v3i2.20976>
- Ranavolo, A., Varrecchia, T., Iavicoli, S., Marchesi, A., Rinaldi, M., Serrao, M., Conforto, S., Cesarelli, M., & Draicchio, F. (2018). Surface electromyography for risk assessment in work activities designed using the “revised NIOSH lifting equation.” *International Journal of Industrial Ergonomics*, *68*, 34–45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2018.06.003>
- Ruas, C. V., Pinto, R. S., Haff, G. G., Lima, C. D., Pinto, M. D., & Brown, L. E. (2019). Alternative Methods of Determining Hamstrings-to-Quadriceps Ratios: a Comprehensive Review. *Dalam Sports Medicine - Open* (Vol. 5, Nomor 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40798-019-0185-0>
- Sertel, M., Yildirim Şahan, T., Bezgin, S., Oral, M. A., Abit Kocaman, A., Aydogan Arslan, S., Demirci, C., & Oktas, B. (2022). A Comparison of the Muscle Activation, Proprioception and Anthropometric Characteristics of the Dominant and Non-dominant Wrists. *Journal of Basic and Clinical Health Sciences*, *6*(1), 25–32. <https://doi.org/10.30621/jbachs.894910>
- Spyrou, K., Freitas, T. T., Marín-Cascales, E., & Alcaraz, P. E. (2020). Physical and Physiological Match-Play Demands and Player Characteristics in Futsal: A Systematic Review. *Frontiers in Psychology*, *11*(569897), 28–40. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.569897>

- TaTlıcıođlu, E., aTalađ, O., kirmizigil, Be., KurT, Ce., & ferıT aCar, M. (2019). *Side-to-side asymmetry in lower limb strength and hamstring-quadriceps strength ratio among collegiate American football players*.
- The Barça Innovation Hub team. (2019, Juli 30). *lower extremity injury in sport teams*. <https://barcainnovationhub.fcbarcelona.com/blog/lower-extremity-injury-prevention-programs-in-team-sports/>.
- Thomas J. Hemmings, Kendall, K. L., & Dobson, J. L. (2017). *Identifying Dosage Effect of Light-Emitting Diode Therapy on Muscular Fatigue in Quadriceps*. 31(2), 395–402.
- Torres, G., Armada-Cortés, E., Rueda, J., San Juan, A. F., & Navarro, E. (2021). Comparison of hamstrings and quadriceps muscle activation in male and female professional soccer players. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(2), 1–13. <https://doi.org/10.3390/app11020738>
- Torres, G., Chorro, D., Navandar, A., Rueda, J., Fernández, L., & Navarro, E. (2020). Assessment of hamstring: Quadriceps coactivation without the use of maximum voluntary isometric contraction. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/app10051615>
- University of Iowa Sports Medicine clinicians. (2021). *lower extremity injury prevention*. <https://uihc.org/health-topics/lower-extremity-injury-prevention>.
- Walker, G. J. (2016). Strength and conditioning for football. *Strength and Conditioning for Sports Performance*, 553–563. <https://doi.org/10.4324/9781003027881-3>
- Westgaard, R. H. (2000). Surface EMG Recordings as a Risk Assessment Tool for Musculoskeletal Disorders. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 44(30), 5-541-5–544. <https://doi.org/10.1177/154193120004403039>
- Yu, S., Lin, L., Liang, H., Lin, M., Deng, W., Zhan, X., Fu, X., & Liu, C. (2022). Gender difference in effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on flexibility and stiffness of hamstring muscle. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.918176>
- Zouch, M., Chaari, H., Zribi, A., Bouajina, E., Vico, L., Alexandre, C., Zaouali, M., Ben Nasr, H., Masmoudi, L., & Tabka, Z. (2016). Volleyball and Basketball Enhanced Bone Mass in Prepubescent Boys. *Journal of Clinical Densitometry*, 19(3), 396–403. <https://doi.org/10.1016/j.jocd.2015.07.001>
- Zvijac, J. E., Toriscelli, T. A., Shannon Merrick, W., Papp, D. F., & Kiebzak, G. M. (2014). *ISOKINETIC CONCENTRIC QUADRICEPS AND HAMSTRING NORMATIVE DATA FOR ELITE COLLEGIATE AMERICAN FOOTBALL PLAYERS PARTICIPATING IN THE NFL SCOUTING COMBINE*. www.nsc.com