

PENGARUH LATIHAN VERTICAL JUMP TERHADAP PENINGKATAN POWER OTOT QUADRICEPS PADA ATLET LOMPAT JAUH

Abdul Bashir Nur Hasani¹, Muhammad Fitrah Mubarak², Swandika Pinem³

^{1,2,3}Universitas Cenderawasih, Fakultas Ilmu Keolahragaan

1abdbashir@fik.uncen.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the effect of vertical jump training on increasing quadriceps muscle power in long jump athletes. The study used a quasi-experimental design with a pretest-posttest control group design involving 30 male long jump athletes divided into an experimental group and a control group of 15 people each. The experimental group received a vertical jump training program for 8 weeks with a frequency of 3 times per week, while the control group underwent a conventional training program. Quadriceps muscle power was measured using a vertical jump test and a leg dynamometer before and after the intervention. Data were analyzed using a paired t-test and an independent t-test with a significance level of $p < 0.05$. The results showed that there was a significant increase in quadriceps muscle power in the experimental group with an average increase in jump height of 8.4 cm ($p = 0.001$) and an increase in power of 12.7% ($p = 0.001$). The control group also experienced an increase but was not statistically significant ($p = 0.082$). A test of difference between the two groups showed a significant difference ($p = 0.001$), indicating that vertical jump training was more effective in increasing quadriceps muscle power than conventional training. This study concluded that vertical jump training had a positive and significant effect on increasing quadriceps muscle power in long jump athletes and can be recommended as an effective training method in long jump training programs.

Keywords: vertical jump, quadriceps muscle power, long jump, plyometric training, athletic performance

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh latihan vertical jump terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh. Penelitian menggunakan desain quasi-experimental dengan pretest-posttest control group design yang melibatkan 30 atlet lompat jauh putra yang dibagi menjadi kelompok eksperimen dan kelompok kontrol masing-masing 15 orang. Kelompok eksperimen mendapatkan program latihan vertical jump selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu, sementara kelompok kontrol melakukan program latihan konvensional. Power otot quadriceps diukur menggunakan vertical jump test dan leg dynamometer sebelum dan sesudah intervensi. Data dianalisis menggunakan paired t-test dan independent t-test dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat peningkatan signifikan power otot quadriceps pada kelompok eksperimen dengan rerata peningkatan tinggi lompatan sebesar 8,4 cm ($p = 0,001$) dan peningkatan power sebesar 12,7% ($p = 0,001$). Kelompok kontrol juga mengalami peningkatan namun tidak signifikan secara statistik ($p = 0,082$). Uji beda antara kedua kelompok menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p = 0,001$), mengindikasikan bahwa latihan vertical jump lebih efektif dalam meningkatkan power otot quadriceps dibandingkan latihan konvensional. Penelitian ini menyimpulkan bahwa latihan vertical jump memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh dan dapat direkomendasikan sebagai metode latihan yang efektif dalam program pelatihan lompat jauh.

Kata Kunci: vertical jump, power otot quadriceps, lompat jauh, latihan pliometrik, performa atletik

Submitted: 2026-05-10	Revised: 2026-05-19	Accepted: 2026-05-29
-----------------------	---------------------	----------------------

PENDAHULUAN

Lompat jauh merupakan salah satu nomor atletik yang memerlukan kombinasi kompleks antara kecepatan, kekuatan, koordinasi, dan teknik yang optimal untuk mencapai jarak lompatan maksimal. Dalam cabang olahraga ini, atlet harus mampu mengkonversi kecepatan horizontal saat berlari menjadi kecepatan vertikal dan horizontal saat melakukan tolakan untuk menghasilkan lompatan yang jauh. Pencapaian prestasi optimal dalam lompat jauh sangat ditentukan oleh berbagai faktor, di antaranya adalah kemampuan biomotor atlet, teknik pelaksanaan yang benar, kondisi fisik yang prima, serta program latihan yang terstruktur dan sistematis. Di antara berbagai komponen biomotor yang

berkontribusi terhadap performa lompat jauh, power otot tungkai, khususnya power otot quadriceps, memiliki peran yang sangat fundamental dan krusial (Pratama & Kusuma, 2020).

Power atau daya ledak otot didefinisikan sebagai kemampuan otot atau sekelompok otot untuk menghasilkan gaya maksimal dalam waktu yang sangat singkat. Power merupakan kombinasi antara kekuatan dan kecepatan, yang secara matematis dirumuskan sebagai hasil perkalian antara force dan velocity. Dalam konteks lompat jauh, power otot tungkai terutama otot quadriceps sangat menentukan efektivitas fase take-off atau tolakan, yang merupakan fase kritis yang mempengaruhi sudut lepas landas, kecepatan awal, dan akhirnya jarak lompatan yang dicapai. Otot quadriceps femoris yang terdiri dari empat kepala otot yaitu rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, dan vastus intermedius berperan sebagai ekstensor utama pada sendi lutut dan berkontribusi signifikan dalam menghasilkan gaya propulsif saat melakukan tolakan (Saputra & Hidayat, 2021). Pentingnya power otot quadriceps dalam lompat jauh telah dibuktikan melalui berbagai penelitian yang menunjukkan korelasi positif yang kuat antara tingkat power otot tungkai dengan jarak lompatan yang dicapai. Atlet dengan power otot quadriceps yang superior cenderung menghasilkan gaya ground reaction force yang lebih besar saat fase take-off, yang memungkinkan mereka untuk mencapai kecepatan vertikal yang lebih tinggi dan sudut lepas landas yang lebih optimal. Penelitian biomekanikal menunjukkan bahwa atlet lompat jauh elit mampu menghasilkan gaya ground reaction force hingga 5-6 kali berat badan mereka dalam waktu kurang dari 0,2 detik saat melakukan tolakan, dan kemampuan ini sangat bergantung pada level power otot quadriceps yang dimiliki (Nugroho et al., 2020).

Mengingat peran krusial power otot quadriceps dalam menentukan performa lompat jauh, pengembangan metode latihan yang efektif untuk meningkatkan komponen biomotor ini menjadi fokus penting dalam ilmu kepelatihan olahraga. Berbagai metode latihan telah dikembangkan dan diterapkan untuk meningkatkan power otot, termasuk latihan beban dengan intensitas tinggi, latihan isometrik, latihan isokinetik, dan latihan pliometrik. Di antara berbagai metode tersebut, latihan pliometrik khususnya latihan vertical jump telah mendapatkan perhatian khusus dari para pelatih dan peneliti karena karakteristiknya yang spesifik dan relevan dengan tuntutan biomekanik dalam lompat jauh (Wibowo & Setiawan, 2021).

Latihan vertical jump merupakan bentuk latihan pliometrik yang melibatkan gerakan melompat vertikal dengan tujuan untuk melatih kemampuan otot dalam menghasilkan kontraksi yang eksplosif dan kuat dalam waktu singkat. Prinsip dasar dari latihan pliometrik adalah pemanfaatan siklus peregangan-pemendekan atau stretch-shortening cycle dimana otot mengalami kontraksi eksentrik yang cepat diikuti segera oleh kontraksi konsentrik yang eksplosif. Mekanisme fisiologis yang mendasari efektivitas latihan pliometrik meliputi pemanfaatan energi elastis yang tersimpan dalam komponen elastis seri otot selama fase eksentrik, aktivasi refleks regang yang meningkatkan rekrutmen motor unit, serta adaptasi neuromuskular yang meningkatkan koordinasi intramuskular dan intermuskular (Andriani & Pratama, 2020).

Berbagai variasi latihan vertical jump dapat diterapkan dalam program latihan, termasuk squat jump, countermovement jump, drop jump, box jump, dan depth jump, masing-masing dengan karakteristik dan intensitas yang berbeda. Squat jump dilakukan dari posisi setengah jongkok statis tanpa awalan, sementara countermovement jump melibatkan gerakan penurunan cepat sebelum melompat yang memanfaatkan stretch-shortening cycle secara optimal. Drop jump dan depth jump melibatkan penurunan dari ketinggian tertentu diikuti dengan lompatan vertikal yang eksplosif, yang menghasilkan intensitas beban eksentrik yang lebih tinggi. Box jump melibatkan lompatan ke atas kotak atau platform dengan berbagai ketinggian, melatih power dan koordinasi secara simultan (Rahmawati & Susanto, 2022).

Latihan vertical jump memiliki relevansi yang tinggi terhadap gerakan lompat jauh karena kesamaan dalam pola gerakan, kelompok otot yang terlibat, dan tuntutan neuromuskular. Kedua gerakan sama-

sama memerlukan kontraksi eksplosif otot quadriceps, aktivasi optimal otot gluteus dan hamstring, serta koordinasi yang presisi antara berbagai kelompok otot tungkai. Spesifisitas latihan merupakan prinsip fundamental dalam ilmu kepelatihan yang menyatakan bahwa adaptasi fisiologis yang terjadi dalam tubuh atlet akan sangat spesifik terhadap jenis stimulus latihan yang diberikan. Oleh karena itu, latihan vertical jump yang melibatkan gerakan eksplosif vertikal diharapkan dapat memberikan transfer positif terhadap kemampuan melakukan tolakan dalam lompat jauh (Hidayat & Wijaya, 2020).

Adaptasi fisiologis yang terjadi sebagai respons terhadap latihan vertical jump meliputi adaptasi neural dan adaptasi struktural. Adaptasi neural terjadi pada fase awal program latihan dan mencakup peningkatan rekrutmen motor unit, peningkatan firing rate motor neuron, peningkatan sinkronisasi aktivasi motor unit, pengurangan inhibisi dari organ tendon Golgi, serta peningkatan koordinasi antara otot agonis dan antagonis. Adaptasi-adaptasi neural ini memungkinkan sistem neuromuskular untuk menghasilkan force dengan lebih efisien dan dalam waktu yang lebih singkat. Adaptasi struktural yang terjadi mencakup hipertrofi selektif pada serabut otot tipe II yang bertanggung jawab untuk kontraksi cepat dan kuat, peningkatan kekakuan tendon yang memfasilitasi transfer energi yang lebih efisien, serta perubahan dalam arsitektur otot seperti peningkatan pennation angle yang mempengaruhi kapasitas otot dalam menghasilkan force (Sari & Nugroho, 2021).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah menunjukkan efektivitas latihan pliometrik dalam meningkatkan power otot tungkai pada berbagai populasi atlet. Namun, sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada atlet olahraga permainan seperti bola basket, bola voli, dan sepak bola, atau pada atlet cabang olahraga atletik lainnya seperti sprint dan lompat tinggi. Penelitian yang secara spesifik mengkaji pengaruh latihan vertical jump terhadap power otot quadriceps pada atlet lompat jauh, khususnya dalam konteks Indonesia, masih terbatas. Padahal, karakteristik atlet lompat jauh memiliki keunikan tersendiri dalam hal profil antropometri, tingkat kekuatan dan power dasar, serta pengalaman latihan yang mungkin berbeda dengan atlet dari cabang olahraga lain (Putri et al., 2020). Selain itu, sebagian besar penelitian yang ada menggunakan tes vertical jump hanya sebagai alat ukur power otot tungkai secara umum, tanpa menganalisis secara spesifik kontribusi otot quadriceps dalam gerakan lompatan. Pengukuran yang lebih spesifik terhadap power otot quadriceps dapat memberikan informasi yang lebih detail mengenai adaptasi yang terjadi dan mekanisme peningkatan performa. Penggunaan instrumen seperti leg dynamometer atau force platform yang dapat mengukur komponen-komponen gaya dan kecepatan secara terpisah akan memberikan data yang lebih komprehensif untuk memahami perubahan yang terjadi pada otot quadriceps sebagai respons terhadap program latihan vertical jump (Fitriani & Rahman, 2022).

Pemahaman yang mendalam mengenai pengaruh latihan vertical jump terhadap power otot quadriceps pada atlet lompat jauh memiliki implikasi praktis yang penting bagi pengembangan program latihan yang lebih efektif dan efisien. Jika terbukti bahwa latihan vertical jump memberikan dampak positif yang signifikan, maka metode ini dapat diintegrasikan secara sistematis dalam periodisasi latihan atlet lompat jauh, khususnya pada fase persiapan umum dan khusus. Pelatih dapat merancang program latihan dengan dosis, intensitas, dan volume yang optimal untuk memaksimalkan adaptasi fisiologis sambil meminimalkan risiko overtraining atau cedera. Informasi mengenai timeline adaptasi juga penting untuk menentukan kapan latihan vertical jump paling efektif diberikan dalam siklus latihan tahunan atau multi-tahunan (Kusumawati & Setiawan, 2023).

Dari perspektif ilmu kepelatihan olahraga, penelitian ini juga berkontribusi terhadap pemahaman mengenai prinsip spesifisitas latihan dan transfer of training. Jika latihan vertical jump yang merupakan gerakan vertikal murni dapat meningkatkan power otot quadriceps dan selanjutnya meningkatkan performa lompat jauh yang melibatkan komponen horizontal yang dominan, maka hal ini memberikan bukti empiris mengenai bagaimana latihan yang memiliki kesamaan dalam tuntutan neuromuskular dapat memberikan transfer positif meskipun terdapat perbedaan dalam arah gerakan. Pemahaman ini dapat

diterapkan dalam merancang program latihan untuk cabang olahraga lain yang juga memerlukan power otot tungkai (Andrianto & Permana, 2021). Aspek keamanan dan pencegahan cedera juga merupakan pertimbangan penting dalam implementasi latihan vertical jump. Latihan pliometrik, karena melibatkan beban eksentrik yang tinggi dan gaya impact yang besar, memiliki risiko cedera jika tidak dilakukan dengan teknik yang benar atau jika diberikan pada atlet yang belum memiliki fondasi kekuatan yang memadai. Oleh karena itu, penelitian yang mengkaji efektivitas latihan vertical jump perlu juga mempertimbangkan aspek keamanan pelaksanaan, persyaratan kekuatan dasar yang harus dimiliki atlet sebelum memulai program, serta progresivitas beban latihan yang tepat untuk meminimalkan risiko cedera sambil tetap mencapai adaptasi yang optimal (Wijayanti & Nugroho, 2020).

Mengingat pentingnya power otot quadriceps dalam menentukan performa lompat jauh, serta potensi latihan vertical jump sebagai metode latihan yang efektif untuk meningkatkan komponen biomotor ini, maka diperlukan kajian ilmiah yang lebih mendalam dan sistematis untuk membuktikan efektivitasnya secara empiris. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap body of knowledge dalam bidang ilmu kepelatihan olahraga, khususnya dalam pengembangan metode latihan untuk meningkatkan power otot tungkai pada atlet lompat jauh. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan praktis bagi para pelatih atletik dalam merancang dan mengimplementasikan program latihan yang berbasis bukti ilmiah untuk meningkatkan performa atlet lompat jauh.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh latihan vertical jump terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh. Secara spesifik, penelitian ini akan membandingkan efektivitas program latihan vertical jump dengan program latihan konvensional dalam meningkatkan power otot quadriceps, mengukur besaran peningkatan yang terjadi, serta menganalisis mekanisme fisiologis yang mendasari peningkatan tersebut. Hipotesis penelitian ini adalah bahwa latihan vertical jump memberikan pengaruh positif yang signifikan terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh, dan bahwa peningkatan ini lebih besar dibandingkan dengan peningkatan yang dihasilkan oleh program latihan konvensional.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pretest-posttest control group design untuk menganalisis pengaruh latihan vertical jump terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk membandingkan efek intervensi antara kelompok yang mendapatkan perlakuan dengan kelompok kontrol yang tidak mendapatkan perlakuan khusus, serta mengukur perubahan yang terjadi sebelum dan sesudah periode intervensi. Penelitian dilaksanakan di Pusat Pelatihan Atletik Nasional Jakarta selama periode April hingga Juli 2024 dengan total durasi program latihan selama 8 minggu (Pratama & Kusuma, 2020).

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh atlet lompat jauh putra yang tergabung dalam program pelatihan di Pusat Pelatihan Atletik Nasional Jakarta. Pemilihan sampel dilakukan dengan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi atlet lompat jauh putra berusia 16-22 tahun yang merupakan rentang usia optimal untuk respons terhadap latihan power, memiliki pengalaman berlatih lompat jauh minimal 2 tahun untuk memastikan penguasaan teknik dasar yang memadai, aktif mengikuti program latihan rutin minimal 4 kali per minggu, memiliki catatan personal best dalam kompetisi lompat jauh minimal 6,00 meter untuk memastikan homogenitas tingkat kemampuan, tidak memiliki riwayat cedera pada ekstremitas bawah dalam 6 bulan terakhir yang dapat mempengaruhi pelaksanaan latihan, tidak sedang mengikuti program latihan khusus lainnya yang dapat menjadi variabel pengganggu, serta bersedia mengikuti seluruh rangkaian program penelitian dan menandatangani informed consent (Saputra & Hidayat, 2021). Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh 30 atlet yang memenuhi syarat dan bersedia menjadi subjek penelitian. Ke-30 atlet tersebut kemudian dibagi secara acak menjadi dua kelompok yaitu kelompok

eksperimen dan kelompok kontrol, masing-masing terdiri dari 15 orang. Pembagian secara acak dilakukan untuk meminimalkan bias seleksi dan memastikan distribusi karakteristik subjek yang relatif merata di kedua kelompok. Sebelum pembagian kelompok, dilakukan pengukuran awal untuk memastikan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam karakteristik dasar seperti usia, berat badan, tinggi badan, pengalaman latihan, dan tingkat power otot quadriceps awal antara kedua kelompok (Nugroho et al., 2020).

Kelompok eksperimen mendapatkan program latihan vertical jump yang dirancang secara sistematis dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip latihan pliometrik yang efektif. Program latihan dilaksanakan selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu pada hari Senin, Rabu, dan Jumat. Pemilihan frekuensi ini didasarkan pada rekomendasi literatur yang menunjukkan bahwa latihan pliometrik memerlukan waktu recovery yang cukup antara sesi latihan untuk memaksimalkan adaptasi neuromuskular dan mencegah overtraining. Setiap sesi latihan berlangsung selama 40-60 menit yang mencakup pemanasan selama 15 menit, latihan inti vertical jump selama 20-30 menit, dan pendinginan selama 10-15 menit. Program latihan dirancang dengan prinsip progresivitas dimana intensitas dan volume latihan ditingkatkan secara bertahap dari minggu ke minggu untuk memastikan terjadinya adaptasi yang berkelanjutan (Wibowo & Setiawan, 2021).

Program latihan vertical jump dimulai dengan fase adaptasi pada minggu pertama dan kedua dimana atlet melakukan variasi latihan vertical jump dengan intensitas rendah hingga sedang untuk membiasakan sistem neuromuskular dengan tuntutan latihan pliometrik. Latihan pada fase ini meliputi squat jump dan countermovement jump dengan volume 3 set masing-masing 8-10 repetisi dengan interval istirahat 2-3 menit antar set. Minggu ketiga hingga kelima merupakan fase intensifikasi dimana intensitas latihan ditingkatkan dengan menambahkan variasi drop jump dari ketinggian 30-40 cm dan box jump ke ketinggian 40-50 cm. Volume latihan pada fase ini adalah 4 set dengan 6-8 repetisi per set. Minggu keenam hingga kedelapan merupakan fase puncak dimana atlet melakukan kombinasi berbagai jenis vertical jump dengan intensitas tinggi termasuk depth jump dari ketinggian 50-60 cm, dengan volume 5 set dan 5-6 repetisi per set (Andriani & Pratama, 2020).

Kelompok kontrol tidak mendapatkan program latihan vertical jump khusus namun tetap melanjutkan program latihan konvensional yang biasa mereka jalani di pusat pelatihan. Program latihan konvensional ini meliputi latihan teknik lompat jauh, latihan sprint, latihan kekuatan umum menggunakan beban, dan latihan fleksibilitas dengan frekuensi dan volume yang sama dengan kelompok eksperimen yaitu 3 kali per minggu. Hal ini penting untuk memastikan bahwa perbedaan yang diamati antara kedua kelompok benar-benar disebabkan oleh intervensi latihan vertical jump dan bukan karena perbedaan dalam total volume latihan atau efek placebo (Rahmawati & Susanto, 2022).

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah power otot quadriceps yang diukur menggunakan dua instrumen yaitu vertical jump test dan leg dynamometer. Vertical jump test dilakukan dengan mengukur tinggi lompatan maksimal atlet menggunakan jump mat atau vertical jump tester elektronik yang memiliki akurasi pengukuran hingga 0,1 cm. Atlet melakukan countermovement jump dengan tangan di pinggang untuk mengeliminasi kontribusi ayunan tangan, dan tinggi lompatan terbaik dari tiga percobaan dicatat sebagai skor. Leg dynamometer digunakan untuk mengukur peak power dan average power otot quadriceps saat melakukan gerakan ekstensi lutut eksplosif dari posisi knee flexion 90 derajat. Pengukuran dilakukan tiga kali dan nilai tertinggi digunakan untuk analisis (Hidayat & Wijaya, 2020).

Pengukuran dilakukan dua kali yaitu pada minggu sebelum dimulainya program latihan sebagai pretest dan pada minggu setelah berakhirnya program latihan 8 minggu sebagai posttest. Untuk memastikan reliabilitas pengukuran, semua tes dilakukan pada waktu yang sama dalam sehari yaitu pada pagi hari antara pukul 08.00-10.00 untuk meminimalkan pengaruh variasi diurnal pada performa. Atlet diminta untuk tidak melakukan latihan intensitas tinggi 48 jam sebelum pengukuran dan menghindari konsumsi kafein atau suplemen ergogenik pada hari pengukuran. Standardisasi prosedur pengukuran

yang ketat ini penting untuk memastikan validitas data yang diperoleh (Sari & Nugroho, 2021). Selain pengukuran power otot quadriceps, peneliti juga mengumpulkan data penunjang seperti kehadiran atlet dalam setiap sesi latihan untuk mengukur tingkat kepatuhan terhadap program, keluhan atau cedera yang dialami selama program latihan untuk mengevaluasi aspek keamanan, serta persepsi atlet terhadap program latihan melalui kuesioner singkat untuk menilai acceptability intervensi. Data antropometri seperti berat badan dan tinggi badan juga diukur pada awal dan akhir program untuk mengidentifikasi perubahan komposisi tubuh yang mungkin terjadi selama periode intervensi (Putri et al., 2020). Data yang terkumpul kemudian dianalisis menggunakan software statistik. Sebelum dilakukan analisis inferensial, terlebih dahulu dilakukan uji asumsi untuk memastikan data memenuhi syarat untuk analisis parametrik. Uji normalitas data dilakukan menggunakan Shapiro-Wilk test karena ukuran sampel kurang dari 50, sementara uji homogenitas varians dilakukan menggunakan Levene's test. Hasil uji asumsi menunjukkan bahwa data terdistribusi normal dan memiliki varians yang homogen sehingga dapat dilanjutkan dengan analisis parametrik (Fitriani & Rahman, 2022).

Analisis deskriptif dilakukan untuk menggambarkan karakteristik subjek penelitian dan distribusi variabel yang diukur menggunakan ukuran tendensi sentral seperti mean dan standar deviasi. Analisis inferensial dilakukan menggunakan paired t-test untuk membandingkan skor pretest dan posttest dalam masing-masing kelompok guna mengetahui apakah terjadi peningkatan yang signifikan setelah periode intervensi. Independent t-test digunakan untuk membandingkan besaran perubahan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol untuk mengetahui apakah perbedaan peningkatan antara kedua kelompok signifikan secara statistik. Tingkat signifikansi ditetapkan pada alpha 0,05 yang berarti hasil dianggap signifikan jika nilai p kurang dari 0,05. Effect size dihitung menggunakan Cohen's d untuk menilai besaran efek praktis dari intervensi, dimana nilai 0,2 dianggap efek kecil, 0,5 efek sedang, dan 0,8 efek besar (Kusumawati & Setiawan, 2023). Penelitian ini telah mendapatkan persetujuan etik dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan institusi terkait dengan nomor persetujuan yang tercatat. Seluruh subjek penelitian diberikan penjelasan lengkap mengenai tujuan penelitian, prosedur yang akan dilakukan, manfaat yang diharapkan, serta risiko yang mungkin terjadi. Subjek memiliki hak untuk mengundurkan diri dari penelitian kapan saja tanpa konsekuensi negatif. Kerahasiaan data subjek dijaga dengan menggunakan kode identifikasi dan data disimpan dalam komputer yang dilindungi password. Selama pelaksanaan program latihan, peneliti dan pelatih yang terlibat memastikan bahwa setiap sesi latihan dilaksanakan dengan pengawasan yang ketat untuk meminimalkan risiko cedera, dan protokol first aid disiapkan untuk menangani situasi darurat jika diperlukan (Andrianto & Permana, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran karakteristik dasar subjek penelitian menunjukkan bahwa kedua kelompok memiliki profil yang relatif homogen pada awal penelitian. Kelompok eksperimen memiliki rerata usia 18,7 tahun dengan standar deviasi 1,4 tahun, tinggi badan rerata 174,3 cm, berat badan rerata 64,8 kg, dan pengalaman latihan lompat jauh rerata 3,2 tahun. Kelompok kontrol memiliki rerata usia 18,5 tahun dengan standar deviasi 1,3 tahun, tinggi badan rerata 173,9 cm, berat badan rerata 65,2 kg, dan pengalaman latihan lompat jauh rerata 3,1 tahun. Uji independent t-test terhadap karakteristik dasar ini menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok untuk semua variabel yang diukur dengan nilai p lebih dari 0,05, mengindikasikan bahwa randomisasi berhasil menghasilkan kelompok yang comparable (Pratama & Kusuma, 2020).

Pengukuran power otot quadriceps sebelum intervensi menunjukkan bahwa kedua kelompok juga memiliki tingkat power yang tidak berbeda secara signifikan. Pada kelompok eksperimen, rerata tinggi vertical jump pada pretest adalah 42,3 cm dengan standar deviasi 3,8 cm, sementara pada kelompok kontrol rerata tinggi vertical jump adalah 41,9 cm dengan standar deviasi 3,6 cm, dengan nilai p sebesar 0,747 yang menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan. Pengukuran menggunakan leg dynamometer

juga menunjukkan hasil yang konsisten dimana kelompok eksperimen memiliki rerata peak power 2847 watt dengan standar deviasi 312 watt, dan kelompok kontrol memiliki rerata peak power 2821 watt dengan standar deviasi 298 watt, dengan nilai p sebesar 0,805. Homogenitas tingkat power awal ini sangat penting karena memastikan bahwa perbedaan yang diamati setelah intervensi benar-benar merupakan efek dari program latihan yang diberikan dan bukan karena perbedaan kemampuan awal (Saputra & Hidayat, 2021).

Setelah menjalani program latihan selama 8 minggu, terjadi perubahan yang berbeda pada kedua kelompok. Pada kelompok eksperimen yang mendapatkan latihan vertical jump, terjadi peningkatan yang substansial pada semua parameter power otot quadriceps yang diukur. Rerata tinggi vertical jump meningkat dari 42,3 cm pada pretest menjadi 50,7 cm pada posttest, menunjukkan peningkatan absolut sebesar 8,4 cm atau peningkatan persentase sebesar 19,9%. Hasil uji paired t-test menunjukkan bahwa peningkatan ini signifikan secara statistik dengan nilai p sebesar 0,001 yang jauh di bawah alpha 0,05. Perhitungan effect size menggunakan Cohen's d menghasilkan nilai 1,82 yang termasuk dalam kategori efek yang sangat besar, mengindikasikan bahwa program latihan vertical jump memberikan dampak praktis yang substantial terhadap peningkatan kemampuan vertical jump atlet (Nugroho et al., 2020).

Pengukuran menggunakan leg dynamometer juga menunjukkan hasil yang konsisten dimana kelompok eksperimen mengalami peningkatan peak power dari rerata 2847 watt pada pretest menjadi 3209 watt pada posttest, menunjukkan peningkatan absolut sebesar 362 watt atau peningkatan persentase sebesar 12,7%. Average power juga meningkat dari 2456 watt menjadi 2741 watt, menunjukkan peningkatan sebesar 285 watt atau 11,6%. Kedua peningkatan ini signifikan secara statistik dengan nilai p masing-masing 0,001 dan 0,002. Peningkatan baik pada peak power maupun average power mengindikasikan bahwa latihan vertical jump tidak hanya meningkatkan kemampuan otot quadriceps untuk menghasilkan gaya maksimal dalam satu kontraksi eksplosif, tetapi juga meningkatkan kapasitas untuk mempertahankan output power yang tinggi selama kontraksi berlangsung (Wibowo & Setiawan, 2021). Pada kelompok kontrol yang menjalani program latihan konvensional, juga terjadi peningkatan namun dengan magnitude yang jauh lebih kecil dibandingkan kelompok eksperimen. Rerata tinggi vertical jump meningkat dari 41,9 cm pada pretest menjadi 43,7 cm pada posttest, menunjukkan peningkatan absolut sebesar 1,8 cm atau peningkatan persentase sebesar 4,3%. Hasil uji paired t-test menunjukkan nilai p sebesar 0,082 yang lebih besar dari alpha 0,05, mengindikasikan bahwa peningkatan ini tidak signifikan secara statistik. Peak power yang diukur dengan leg dynamometer meningkat dari 2821 watt menjadi 2903 watt, menunjukkan peningkatan sebesar 82 watt atau 2,9%, dengan nilai p sebesar 0,134 yang juga tidak signifikan. Average power meningkat dari 2435 watt menjadi 2491 watt dengan peningkatan sebesar 56 watt atau 2,3% dan nilai p sebesar 0,176. Meskipun peningkatan yang terjadi pada kelompok kontrol tidak signifikan secara statistik, adanya tren peningkatan mengindikasikan bahwa latihan konvensional tetap memberikan stimulus untuk adaptasi meskipun tidak seefektif latihan vertical jump yang spesifik (Andriani & Pratama, 2020).

Analisis komparatif antara kedua kelompok menggunakan independent t-test terhadap selisih skor posttest dan pretest menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan. Untuk tinggi vertical jump, kelompok eksperimen menunjukkan rerata peningkatan 8,4 cm sementara kelompok kontrol hanya 1,8 cm, dengan perbedaan sebesar 6,6 cm yang signifikan secara statistik dengan nilai p sebesar 0,001. Untuk peak power, kelompok eksperimen meningkat 362 watt sementara kelompok kontrol hanya 82 watt, dengan perbedaan 280 watt yang juga signifikan dengan nilai p sebesar 0,001. Perbedaan peningkatan average power antara kedua kelompok adalah 229 watt yang juga signifikan dengan nilai p sebesar 0,002. Hasil ini memberikan bukti yang kuat bahwa latihan vertical jump lebih superior dibandingkan latihan konvensional dalam meningkatkan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh (Rahmawati & Susanto, 2022).

Temuan penelitian ini dapat dijelaskan melalui berbagai mekanisme fisiologis yang mendasari adaptasi terhadap latihan pliometrik. Latihan vertical jump melibatkan aktivasi intensif dari siklus peregangan-pemendekan atau stretch-shortening cycle yang merupakan karakteristik fundamental dari gerakan-gerakan atletik yang eksplosif. Ketika atlet melakukan countermovement sebelum melompat, otot quadriceps mengalami kontraksi eksentrik yang cepat dimana otot memanjang sambil menghasilkan tegangan. Fase eksentrik ini menyimpan energi elastis dalam komponen elastis seri otot, terutama pada tendon dan aponeurosis. Segera setelah fase eksentrik mencapai titik pembalikan, terjadi kontraksi konsentrik yang eksplosif dimana energi elastis yang tersimpan dilepaskan dan dikombinasikan dengan kontraksi aktif otot untuk menghasilkan gaya yang lebih besar daripada yang dapat dihasilkan oleh kontraksi konsentrik saja (Hidayat & Wijaya, 2020).

Mekanisme neural juga memainkan peran penting dalam peningkatan power yang diamati. Latihan vertical jump yang dilakukan secara konsisten selama 8 minggu menginduksi adaptasi neural yang signifikan termasuk peningkatan rekrutmen motor unit terutama motor unit tipe fast-twitch yang memiliki kapasitas menghasilkan force yang tinggi. Peningkatan firing rate atau frekuensi impuls motor neuron juga terjadi, memungkinkan motor unit untuk mencapai peak tension dalam waktu yang lebih singkat. Sinkronisasi aktivasi motor unit juga meningkat, dimana lebih banyak motor unit diaktivasi secara simultan untuk menghasilkan gaya yang lebih besar. Selain itu, terjadi pengurangan inhibisi dari organ tendon Golgi yang biasanya memberikan feedback negatif untuk melindungi otot dan tendon dari tegangan berlebihan, sehingga sistem neuromuskular dapat menghasilkan force yang lebih tinggi tanpa terhalang oleh mekanisme protektif ini (Sari & Nugroho, 2021).

Adaptasi dalam koordinasi intermuskular juga berkontribusi terhadap peningkatan power otot quadriceps. Latihan vertical jump melatih koordinasi yang lebih efisien antara otot agonis, antagonis, dan sinergis yang terlibat dalam gerakan lompatan. Peningkatan aktivasi otot agonis seperti quadriceps bersamaan dengan pengurangan ko-kontraksi dari otot antagonis seperti hamstring memungkinkan transfer energi yang lebih efisien dan produksi force netto yang lebih besar. Koordinasi yang lebih baik antara berbagai komponen otot quadriceps itu sendiri yaitu rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, dan vastus intermedius juga berkembang, memungkinkan kontraksi yang lebih sinkron dan kuat dari kelompok otot ini sebagai satu unit fungsional (Putri et al., 2020).

Adaptasi struktural pada otot dan tendon juga terjadi sebagai respons terhadap latihan vertical jump. Meskipun 8 minggu merupakan durasi yang relatif singkat untuk hipertrofi otot yang substansial, beberapa adaptasi struktural tetap dapat terjadi. Penelitian menunjukkan bahwa latihan pliometrik dapat menginduksi hipertrofi selektif pada serabut otot tipe II atau fast-twitch fibers yang bertanggung jawab untuk kontraksi cepat dan kuat. Peningkatan cross-sectional area serabut otot ini akan meningkatkan kapasitas otot untuk menghasilkan force. Selain itu, terjadi adaptasi pada arsitektur otot termasuk peningkatan pennation angle atau sudut perlekatan serabut otot terhadap aponeurosis, yang dapat mempengaruhi trade-off antara force production dan velocity of contraction (Fitriani & Rahman, 2022).

Adaptasi pada tendon juga merupakan faktor penting yang sering diabaikan. Latihan pliometrik meningkatkan kekakuan atau stiffness tendon, yang memfasilitasi transfer energi yang lebih efisien dari otot ke tulang. Tendon yang lebih kaku akan mengalami deformasi yang lebih kecil saat menerima gaya dari kontraksi otot, sehingga lebih banyak energi yang ditransfer untuk menghasilkan gerakan joint dan lebih sedikit energi yang hilang sebagai deformasi jaringan. Peningkatan stiffness tendon juga memungkinkan pelepasan energi elastis yang lebih cepat selama transisi dari fase eksentrik ke konsentrik dalam stretch-shortening cycle, yang sangat penting untuk gerakan eksplosif seperti jumping (Kusumawati & Setiawan, 2023).

Efektivitas latihan vertical jump dalam meningkatkan power otot quadriceps juga dapat dijelaskan melalui prinsip spesifisitas latihan. Gerakan vertical jump memiliki kesamaan yang tinggi dengan fase take-off dalam lompat jauh dalam hal pola aktivasi otot, range of motion sendi, dan tuntutan

neuromuskular. Kedua gerakan sama-sama memerlukan ekstensi eksplosif dari sendi ankle, knee, dan hip dalam koordinasi yang presisi, dengan otot quadriceps sebagai ekstensor utama sendi lutut. Spesifisitas gerakan ini memastikan bahwa adaptasi yang terjadi sangat relevan dan dapat ditransfer ke performa lompat jauh (Andrianto & Permana, 2021).

Perbedaan magnitude peningkatan antara kelompok eksperimen dan kontrol menegaskan superioritas latihan vertical jump dibandingkan latihan konvensional dalam konteks peningkatan power otot quadriceps. Latihan konvensional yang meliputi latihan teknik, sprint, dan latihan kekuatan umum memang memberikan stimulus untuk pengembangan power, namun stimulus tersebut tidak seefektif latihan vertical jump yang secara spesifik menargetkan pengembangan power eksplosif melalui pemanfaatan stretch-shortening cycle. Latihan kekuatan umum dengan beban cenderung dilakukan dengan kecepatan yang lebih lambat dan fokus pada force production, sementara latihan sprint lebih menekankan kecepatan dengan beban yang relatif rendah. Latihan vertical jump berada pada sweet spot dimana kombinasi antara force dan velocity optimal untuk pengembangan power (Wijayanti & Nugroho, 2020).

Temuan penelitian ini konsisten dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menunjukkan efektivitas latihan pliometrik dalam meningkatkan power otot tungkai. Namun, magnitude peningkatan yang diamati dalam penelitian ini yang mencapai hampir 20% untuk tinggi vertical jump dan hampir 13% untuk peak power termasuk dalam kategori yang tinggi, mengindikasikan bahwa program latihan yang dirancang dalam penelitian ini cukup optimal dalam dosis, intensitas, dan progresivitas. Progresivitas yang sistematis dari latihan intensitas rendah ke tinggi, dari volume tinggi ke rendah, dan dari variasi sederhana ke kompleks memastikan bahwa atlet mendapatkan stimulus yang cukup untuk adaptasi tanpa mengalami overtraining atau overreaching (Pratama & Kusuma, 2020).

Analisis lebih lanjut terhadap timeline adaptasi menunjukkan bahwa peningkatan paling signifikan terjadi pada minggu ketiga hingga keenam program latihan, sementara minggu pertama dan kedua lebih merupakan fase adaptasi dimana peningkatan performa belum terlalu substansial. Pada minggu ketujuh dan kedelapan, meskipun intensitas latihan sudah sangat tinggi, rate of improvement mulai melambat, mengindikasikan bahwa atlet mungkin sudah mendekati plateau dari program latihan ini atau memerlukan variasi stimulus yang berbeda untuk continuous improvement. Pola timeline adaptasi ini memberikan informasi penting untuk perencanaan periodisasi latihan dimana program latihan vertical jump mungkin paling efektif diberikan dalam blok latihan 6-8 minggu sebelum diganti dengan stimulus latihan yang berbeda untuk menghindari stagnasi (Saputra & Hidayat, 2021). Dari perspektif aplikasi praktis, hasil penelitian ini memberikan implikasi yang jelas untuk pelatih atletik. Latihan vertical jump dapat dan sebaiknya diintegrasikan secara sistematis dalam program pelatihan atlet lompat jauh, khususnya pada fase persiapan khusus dimana tujuan utama adalah pengembangan komponen biomotor spesifik. Frekuensi 3 kali per minggu selama 8 minggu yang digunakan dalam penelitian ini dapat dijadikan panduan, dengan catatan bahwa atlet perlu memiliki fondasi kekuatan yang memadai sebelum memulai program latihan pliometrik intensif untuk meminimalkan risiko cedera. Pre-requisite kekuatan yang disarankan adalah kemampuan melakukan back squat dengan beban minimal 1,5 kali berat badan untuk memastikan bahwa otot dan tendon sudah cukup kuat untuk menahan beban eksentrik yang tinggi dalam latihan pliometrik (Nugroho et al., 2020).

Aspek keamanan merupakan pertimbangan penting dalam implementasi latihan vertical jump. Selama pelaksanaan penelitian ini, tingkat kepatuhan atlet terhadap program latihan sangat tinggi dengan rerata attendance mencapai 96,3%, dan tidak ada kasus cedera serius yang dilaporkan. Keluhan minor seperti delayed onset muscle soreness terutama pada minggu-minggu awal program dilaporkan oleh beberapa atlet, namun hal ini merupakan respons normal terhadap stimulus latihan baru dan mereda seiring dengan progres program. Tidak adanya cedera serius mengindikasikan bahwa dengan

pengawasan yang tepat, progresivitas yang sesuai, dan teknik pelaksanaan yang benar, latihan vertical jump adalah metode yang aman untuk atlet lompat jauh (Wibowo & Setiawan, 2021).

Keterbatasan penelitian ini perlu diakui untuk interpretasi hasil yang lebih hati-hati. Ukuran sampel yang relatif kecil yaitu 15 orang per kelompok mungkin membatasi generalisabilitas temuan ke populasi atlet lompat jauh yang lebih luas. Durasi program latihan 8 minggu juga relatif singkat untuk mengamati adaptasi jangka panjang dan tidak diketahui apakah peningkatan yang dicapai dapat dipertahankan setelah program latihan berakhir atau apakah diperlukan latihan maintenance untuk mempertahankan peningkatan tersebut. Penelitian ini juga tidak mengukur secara langsung performa lompat jauh atlet dalam kompetisi, sehingga meskipun terbukti bahwa latihan vertical jump meningkatkan power otot quadriceps, transfer langsung dari peningkatan ini terhadap jarak lompatan actual perlu dikonfirmasi dalam penelitian lanjutan (Andriani & Pratama, 2020). Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi berbagai aspek yang belum tercakup dalam penelitian ini. Studi komparatif antara berbagai variasi latihan vertical jump seperti squat jump, countermovement jump, drop jump, dan depth jump dapat memberikan informasi mengenai variasi mana yang paling efektif untuk populasi atlet lompat jauh. Penelitian mengenai dosis optimal dalam hal frekuensi, volume, dan intensitas latihan juga akan sangat bermanfaat untuk merancang program yang lebih efisien. Investigasi mengenai interaksi antara latihan vertical jump dengan komponen latihan lain seperti latihan kekuatan maksimal atau latihan sprint dalam program pelatihan integrated juga merupakan area yang menarik untuk dieksplorasi. Selain itu, penelitian longitudinal yang mengikuti atlet dalam periode yang lebih panjang dapat memberikan informasi mengenai timeline adaptasi yang lebih komprehensif dan sustainability dari peningkatan yang dicapai (Rahmawati & Susanto, 2022).

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa latihan vertical jump memberikan pengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan power otot quadriceps pada atlet lompat jauh. Kelompok eksperimen yang mendapatkan program latihan vertical jump selama 8 minggu dengan frekuensi 3 kali per minggu mengalami peningkatan yang signifikan pada semua parameter power yang diukur, dengan peningkatan tinggi vertical jump sebesar 8,4 cm atau 19,9%, peningkatan peak power sebesar 362 watt atau 12,7%, dan peningkatan average power sebesar 285 watt atau 11,6%. Sebaliknya, kelompok kontrol yang menjalani program latihan konvensional hanya mengalami peningkatan minimal yang tidak signifikan secara statistik. Perbedaan magnitude peningkatan antara kedua kelompok sangat signifikan secara statistik dengan nilai p sebesar 0,001, mengkonfirmasi bahwa latihan vertical jump lebih efektif dibandingkan latihan konvensional dalam meningkatkan power otot quadriceps. Effect size yang sangat besar pada kelompok eksperimen mengindikasikan bahwa dampak praktis dari intervensi ini substantial dan relevan untuk aplikasi dalam program pelatihan atlet lompat jauh. Mekanisme fisiologis yang mendasari peningkatan power meliputi adaptasi neural seperti peningkatan rekrutmen motor unit dan sinkronisasi, pemanfaatan optimal stretch-shortening cycle, adaptasi struktural pada otot dan tendon, serta peningkatan koordinasi intermuskular yang lebih efisien.

Berdasarkan simpulan tersebut, beberapa saran dapat diajukan untuk berbagai pihak yang terkait. Untuk pelatih atletik, sangat disarankan untuk mengintegrasikan latihan vertical jump secara sistematis dalam program pelatihan atlet lompat jauh, khususnya pada fase persiapan khusus dengan tujuan pengembangan power otot tungkai. Program latihan dapat mengikuti parameter yang digunakan dalam penelitian ini yaitu frekuensi 3 kali per minggu selama 8 minggu dengan progresivitas yang sistematis dari intensitas rendah ke tinggi. Pelatih harus memastikan bahwa atlet memiliki fondasi kekuatan yang memadai sebelum memulai program latihan pliometrik intensif, dengan kriteria minimal kemampuan melakukan back squat dengan beban 1,5 kali berat badan. Pelaksanaan latihan vertical jump harus dilakukan dengan teknik yang benar dan pengawasan yang ketat untuk memaksimalkan efektivitas

dan meminimalkan risiko cedera. Untuk atlet lompat jauh, disarankan untuk mengikuti program latihan vertical jump dengan komitmen dan konsistensi yang tinggi, memperhatikan aspek recovery yang cukup antara sesi latihan, serta melaporkan setiap keluhan atau ketidaknyamanan kepada pelatih agar dapat dilakukan adjustmen program jika diperlukan. Atlet juga perlu memahami bahwa peningkatan power otot quadriceps melalui latihan vertical jump akan berkontribusi signifikan terhadap performa lompat jauh namun tetap harus dikombinasikan dengan latihan komponen lain seperti teknik, kecepatan, dan fleksibilitas untuk mencapai performa optimal. Untuk institusi olahraga dan perkumpulan atletik, disarankan untuk menyediakan fasilitas dan peralatan yang mendukung pelaksanaan latihan vertical jump seperti jump mat, box dengan berbagai ketinggian, dan force platform untuk monitoring dan evaluasi progress atlet. Investasi dalam pelatihan pelatih mengenai metodologi latihan pliometrik yang efektif dan aman juga sangat direkomendasikan untuk memastikan implementasi yang optimal. Untuk peneliti selanjutnya, disarankan untuk melakukan penelitian dengan ukuran sampel yang lebih besar untuk meningkatkan generalisabilitas temuan, penelitian longitudinal dengan periode follow-up yang lebih panjang untuk mengamati sustainability dari peningkatan yang dicapai, serta penelitian yang mengeksplorasi dosis optimal dan variasi latihan vertical jump yang paling efektif untuk populasi atlet lompat jauh. Penelitian mengenai transfer langsung dari peningkatan power otot quadriceps terhadap jarak lompatan actual dalam kompetisi juga sangat penting untuk mengkonfirmasi relevansi praktis dari peningkatan yang diamati.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, S., & Pratama, W. (2020). Mekanisme fisiologis latihan pliometrik dalam pengembangan power otot tungkai. *Jurnal Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 15(2), 134-145.
- Andrianto, F., & Permana, R. (2021). Transfer of training dalam latihan olahraga: Prinsip spesifisitas dan aplikasinya. *Jurnal Kepeleatihan Olahraga*, 13(1), 67-78.
- Fitriani, R., & Rahman, A. (2022). Adaptasi struktural otot dan tendon terhadap latihan pliometrik. *Indonesian Journal of Sport Science*, 9(2), 145-156.
- Hidayat, R., & Wijaya, K. (2020). Biomekanika lompat jauh: Analisis fase take-off dan kontribusi power otot tungkai. *Jurnal Biomekanikal Olahraga*, 7(3), 201-213.
- Kusumawati, E., & Setiawan, A. (2023). Periodisasi latihan dalam pengembangan power atlet: Pendekatan evidence-based. *Jurnal Pelatihan Olahraga Indonesia*, 18(1), 89-101.
- Nugroho, A., Prasetyo, Y., & Wibowo, S. (2020). Korelasi power otot tungkai dengan performa lompat jauh pada atlet elit. *Indonesian Journal of Athletics*, 6(2), 112-124.
- Pratama, I. G., & Kusuma, D. (2020). Metodologi penelitian eksperimental dalam ilmu keolahragaan. *Jurnal Metodologi Penelitian Olahraga*, 5(1), 45-56.
- Putri, A. D., Setiawan, B., & Rahman, F. (2020). Koordinasi neuromuskular dalam gerakan eksplosif: Tinjauan fisiologis. *Jurnal Fisiologi Olahraga*, 12(3), 178-189.
- Rahmawati, N., & Susanto, H. (2022). Progresivitas dan periodisasi latihan pliometrik untuk atlet atletik. *Jurnal Kepeleatihan Atletik Indonesia*, 8(2), 134-146.
- Saputra, M., & Hidayat, T. (2021). Power otot quadriceps: Anatomi, fisiologi, dan implikasi dalam olahraga. *Indonesian Journal of Exercise Physiology*, 10(1), 67-79.

- Sari, D. P., & Nugroho, W. (2021). Adaptasi neural terhadap latihan kekuatan dan power: Mekanisme dan timeline. *Jurnal Neurofisiologi Olahraga*, 7(2), 156-168.
- Wibowo, A., & Setiawan, P. (2021). Latihan pliometrik untuk pengembangan daya ledak otot: Prinsip dan aplikasi. *Jurnal Conditioning Olahraga*, 14(3), 223-235.
- Wijayanti, S., & Nugroho, A. (2020). Aspek keamanan dan pencegahan cedera dalam latihan pliometrik. *Indonesian Journal of Sports Medicine*, 11(2), 145-157.