Discourse of Physical Education: DPE
https://journal-center.litpam.com/index.php/dpe

August 2026 Vol. 5, No. 2
e-ISSN: 2829-1336
pp. 365-379

Perbandingan Latihan *Squat* dan *Lunges*: Perubahan Kekuatan Otot Tungkai dan Daya Tahan Atlet Karate di Jayapura

[1*]Irfan Deny Oktavian, [2]Swandika Pinem, [3]Muhammad Fitrah Mubarak, [4]Indra Yudistira, [5]Ermelinda Yersin Putri Larung

[1*, 2, 3, 4, 5]Faculty of Sports Science, Universitas Cenderawasih, Jl. Kamp Wolker, Yabansai, Kec. Heram, Kota Jayapura, Papua, Indonesia. Postal Code: 99224.

*Correspondence e-mail: oktaviandeni10@gmail.com

Received: 18 July 2026; Revised: 22 July 2026; Online First: 28 August 2026; Published: 31 August 2026

Abstrak

Pengembangan kekuatan otot tungkai dan daya tahan kardiorespirasi merupakan aspek penting dalam menunjang performa atlet karate. Namun, bukti empiris mengenai perbedaan respons latihan *squat* dan *lunges* terhadap kedua komponen fisik tersebut masih terbatas. Penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan perubahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan kardiorespirasi atlet karate setelah mengikuti kedua metode latihan. Penelitian menggunakan desain *two-group pretest–posttest* dengan melibatkan 30 atlet karate Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura, yang dibagi menjadi dua kelompok intervensi aktif, masing-masing 15 atlet. Program latihan dilaporkan berlangsung selama 16 pertemuan dengan frekuensi dua kali seminggu. Kekuatan otot tungkai diukur menggunakan *Leg Dynamometer*, sedangkan daya tahan kardiorespirasi dievaluasi melalui *Bleep Test*. Perbedaan perubahan antarkelompok dianalisis menggunakan uji Mann–Whitney U. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan skor secara deskriptif pada kedua kelompok. Rerata perubahan kekuatan otot tungkai masing-masing sebesar 20,20 dan 16,27, sedangkan perubahan skor daya tahan sebesar 8,247 dan 5,260. Kedua latihan dapat dipertimbangkan dalam program pengondisian fisik atlet karate, tetapi efektivitas komparatifnya masih memerlukan penelitian lebih lanjut.

Kata Kunci: Karate; *squat*; *lunges*; kekuatan otot tungkai; daya tahan kardiorespirasi

Squat and Lunge Training: Changes in Lower-Limb Strength and Cardiorespiratory Endurance among Karate Athletes in Jayapura

Abstract

Developing lower-limb muscle strength and cardiorespiratory endurance is essential for supporting karate performance. However, empirical evidence comparing the responses to squat and lunge training across these physical fitness components remains limited. This study aimed to analyze and compare changes in lower-limb muscle strength and cardiorespiratory endurance among karate athletes following squat and lunge training. A two-group pretest–posttest design was employed involving 30 athletes from Sentani Club Dojo, Jayapura Regency, Indonesia, divided into two active intervention groups of 15 participants each. The training program reportedly comprised 16 sessions conducted twice weekly. Lower-limb muscle strength was assessed using a leg dynamometer, while cardiorespiratory endurance performance was evaluated using the multistage shuttle run test (Bleep Test). Between-group differences in change scores were analyzed using the Mann–Whitney U test. Both groups demonstrated descriptive improvements in the measured outcomes. Mean changes in lower-limb muscle strength were 20.20 and 16.27, respectively, while corresponding endurance score changes were 8.247 and 5.260. Both exercises may be considered components of karate conditioning programs, although further research is required to clarify their comparative effectiveness.

Keywords: *Karate; squat training; lunge training; lower-limb muscle strength; cardiorespiratory endurance*

How to Cite: Oktavian, I. D., Pinem, S., Mubarak, M. F., Yudistira, I., & Larung, E. Y. P. (2026). Perbandingan Latihan Squat dan Lunges: Perubahan Kekuatan Otot Tungkai dan Daya Tahan Atlet Karate di Jayapura. *Discourse of Physical Education*, *5*(2), 365-379. https://doi.org/10.36312/dpe.v5i2.7356

https://doi.org/10.36312/dpe.v5i2.7356

Copyright© 2026, Oktavian et al
This is an open-access article under the CC-BY-SA License.

PENDAHULUAN

Karate merupakan cabang olahraga bela diri yang membutuhkan integrasi kemampuan teknik, taktik, dan kondisi fisik untuk mencapai performa kompetitif yang optimal. Pertandingan karate, khususnya kategori *kumite*, melibatkan aktivitas intermiten yang mengombinasikan gerakan eksplosif berintensitas tinggi dengan periode aktivitas berintensitas rendah. Karakteristik tersebut menuntut kemampuan neuromuskular dan metabolik yang memadai untuk mempertahankan performa sepanjang pertandingan. Komponen fisik yang berperan penting meliputi kekuatan dan daya ledak otot, kecepatan, kelincahan, keseimbangan, fleksibilitas, serta kapasitas aerobik dan anaerobik (Aji et al., 2023; Gaweł et al., 2025). Kekuatan otot tungkai mendukung kemampuan menghasilkan gaya selama perpindahan posisi, mempertahankan kuda-kuda, dan melakukan tendangan, sedangkan daya tahan kardiorespirasi membantu mempertahankan aktivitas berulang dan pemulihan antargerakan intensif. Siregar et al. (2023) mengidentifikasi keterkaitan komponen latihan tungkai dengan keterampilan tendangan *mawashi geri*, sementara Rezaei et al. (2024) menunjukkan bahwa latihan interval intensitas tinggi dapat meningkatkan performa aerobik dan anaerobik atlet karate.

Pengembangan kondisi fisik menjadi aspek penting dalam pembinaan atlet karate, termasuk pada tingkat klub dan dojo. Aji et al. (2023) melaporkan perubahan sejumlah indikator kondisi fisik atlet karate Universitas Negeri Malang, sedangkan Melchalisara et al. (2024) mengidentifikasi beberapa komponen fisik atlet karate di Kota Bengkulu yang masih memerlukan pengembangan. Meskipun temuan tersebut tidak secara langsung menggambarkan kondisi atlet di Kabupaten Jayapura, keduanya menegaskan pentingnya evaluasi kondisi fisik sesuai karakteristik populasi dan lingkungan pembinaan. Dalam konteks Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura, diperlukan informasi empiris mengenai metode pengondisian fisik yang praktis dan sesuai dengan kebutuhan atlet. Latihan resistensi menggunakan gerakan *squat* dan *lunges* merupakan alternatif yang dapat dipertimbangkan karena melibatkan kelompok otot utama ekstremitas bawah dan dapat dimodifikasi berdasarkan kemampuan individu (Stricker et al., 2020; Kassiano et al., 2025).

Latihan *squat* dan *lunges* merupakan bentuk latihan resistensi yang melibatkan otot *quadriceps*, *hamstrings*, *gluteal muscles*, dan otot penstabil ekstremitas bawah. Perbedaan utamanya terletak pada pola pembebanan dan kontrol gerakan. *Squat* merupakan latihan bilateral yang melibatkan kedua tungkai secara bersamaan, sedangkan *lunges* menekankan pembebanan unilateral dengan tuntutan keseimbangan dan stabilisasi pada masing-masing tungkai. Perbedaan tersebut berpotensi menghasilkan adaptasi neuromuskular yang berbeda. Liao et al. (2022), melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis, menunjukkan bahwa latihan unilateral lebih menguntungkan pada pengukuran performa unilateral, sedangkan latihan bilateral cenderung memberikan keuntungan pada pengukuran kekuatan bilateral. Kassiano et al. (2025) juga menegaskan bahwa adaptasi kekuatan dipengaruhi oleh spesifisitas gerakan dan karakteristik pengukuran. Dengan demikian, efektivitas kedua metode perlu dievaluasi berdasarkan indikator fisik yang relevan, bukan semata-mata berdasarkan perbedaan pola gerakannya.

Penelitian terdahulu telah mengevaluasi manfaat latihan *squat* dan *lunges* dalam olahraga bela diri. Permadi et al. (2021) membandingkan kedua latihan pada 18 atlet pencak silat selama enam minggu dan melaporkan peningkatan kekuatan otot

tungkai serta keseimbangan, dengan hasil lebih menguntungkan pada kelompok *lunges*. Namun, penelitian tersebut tidak mengevaluasi daya tahan kardiorespirasi dan dilakukan pada cabang olahraga yang berbeda. Tandoapu (2023) meneliti pengaruh latihan pliometrik *lunge jump* dan *squat jump* terhadap kekuatan otot tungkai atlet karate, tetapi karakteristik stimulus latihan pliometrik berbeda dari latihan *squat* dan *lunges* konvensional. Sementara itu, Siregar et al. (2023) mengkaji kontribusi komponen latihan tungkai terhadap keterampilan tendangan *mawashi geri*, bukan perubahan kapasitas kardiorespirasi. Perbedaan karakteristik peserta, intervensi, dan indikator hasil tersebut menunjukkan perlunya kajian komparatif yang lebih spesifik pada atlet karate.

Adaptasi kekuatan otot dan kebugaran kardiorespirasi juga perlu dibedakan karena keduanya melibatkan mekanisme fisiologis yang berbeda. Xu dan Wang (2025) menunjukkan bahwa latihan resistensi memberikan keuntungan terhadap pengembangan kekuatan, sedangkan *short sprint interval training* lebih mendukung peningkatan kapasitas aerobik pada atlet karate. Hasil tersebut sejalan dengan Rezaei et al. (2024), yang melaporkan peningkatan performa aerobik dan anaerobik setelah penambahan latihan interval intensitas tinggi. Oleh karena itu, peningkatan kekuatan otot akibat latihan *squat* atau *lunges* tidak dapat secara otomatis diasumsikan menghasilkan peningkatan daya tahan kardiorespirasi dengan besaran yang sama. Dalam penelitian ini, performa daya tahan kardiorespirasi dievaluasi menggunakan *Bleep Test*, yaitu tes lari bolak-balik bertahap yang digunakan sebagai indikator kebugaran aerobik, bukan pengukuran daya tahan otot (Tomkinson et al., 2019).

Berdasarkan sintesis penelitian terdahulu, kesenjangan penelitian terletak pada terbatasnya bukti komparatif mengenai respons latihan *squat* dan *lunges* terhadap kekuatan otot tungkai sekaligus performa daya tahan kardiorespirasi pada atlet karate. Permadi et al. (2021) berfokus pada atlet pencak silat dengan indikator kekuatan dan keseimbangan, Tandoapu (2023) menggunakan latihan pliometrik, sedangkan Xu dan Wang (2025) mengevaluasi latihan resistensi dan interval tanpa membandingkan kedua gerakan tersebut secara langsung. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada perbandingan langsung latihan bilateral (*squat*) dan unilateral (*lunges*) terhadap dua indikator kondisi fisik yang berbeda dalam satu rancangan intervensi aktif pada atlet karate Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura. Kontribusi tersebut diharapkan dapat memperluas bukti empiris mengenai spesifisitas respons latihan resistensi sekaligus memberikan pertimbangan praktis bagi pelatih dalam menyusun program pengondisian fisik atlet.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis dan membandingkan perubahan kekuatan otot tungkai serta performa daya tahan kardiorespirasi pada atlet karate Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura, setelah mengikuti latihan *squat* dan *lunges*. Hipotesis penelitian menyatakan bahwa terdapat perbedaan perubahan kedua indikator kondisi fisik antara kelompok latihan *squat* dan kelompok latihan *lunges*. Pengujian dilakukan untuk memperoleh bukti empiris mengenai perbedaan respons kedua metode tanpa mengasumsikan keunggulan salah satunya sebelum didukung hasil analisis statistik.

METODE

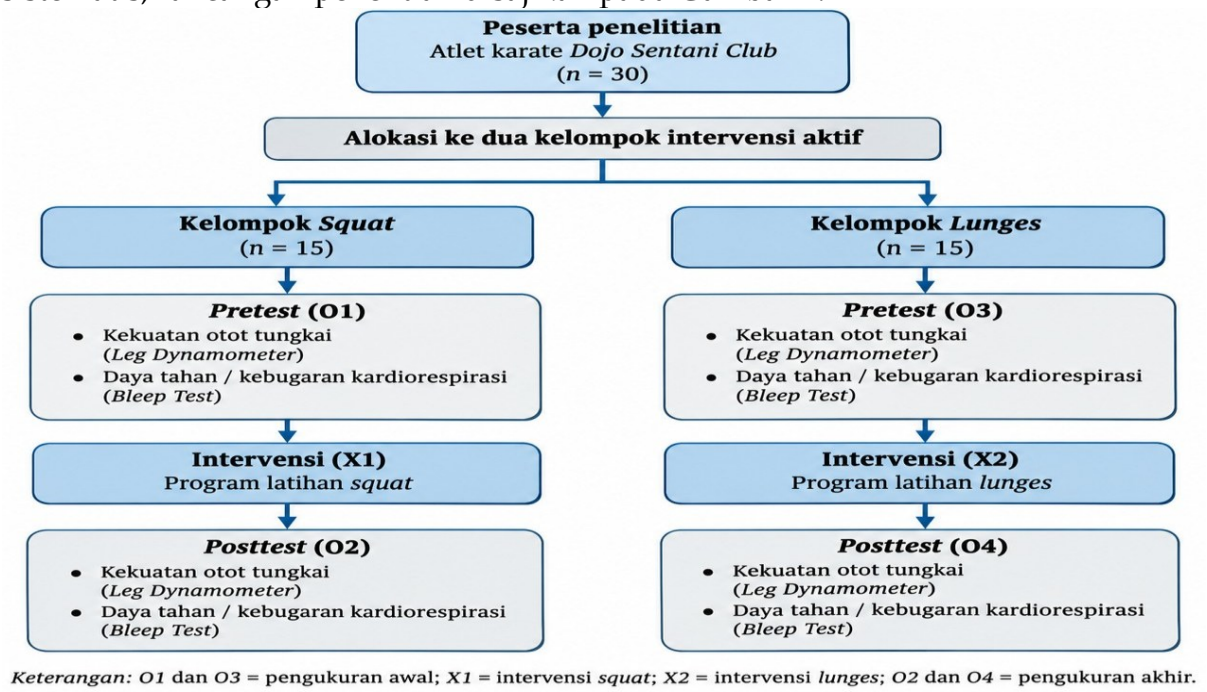
Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan rancangan eksperimen dua kelompok melalui pengukuran sebelum dan sesudah intervensi (*two-*

group pretest–posttest design). Rancangan ini bertujuan membandingkan perubahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan atlet karate setelah mengikuti dua metode latihan fisik, yaitu *squat* dan *lunges*. Kedua kelompok memperoleh intervensi aktif yang berbeda, sehingga penelitian difokuskan pada perbandingan respons terhadap kedua metode latihan, bukan pada perbandingan antara kelompok yang menerima dan tidak menerima perlakuan. Pendekatan pengukuran berulang memungkinkan peneliti mengevaluasi perubahan kemampuan fisik pada masing-masing kelompok sekaligus membandingkan besaran perubahan antarkelompok. Kejelasan desain, karakteristik intervensi, dan penetapan luaran penelitian merupakan prinsip penting dalam pelaporan penelitian eksperimental yang transparan dan dapat direplikasi (Butcher et al., 2022; Hopewell et al., 2025).

Pemilihan latihan *squat* dan *lunges* didasarkan pada perbedaan karakteristik biomekanik gerakannya. Latihan *squat* merupakan bentuk latihan bilateral yang melibatkan kedua tungkai secara bersamaan, sedangkan *lunges* merupakan latihan unilateral yang menekankan pembebanan secara bergantian pada masing-masing tungkai. Perbedaan tersebut memungkinkan terjadinya adaptasi neuromuskular yang dipengaruhi oleh pola aktivasi otot, stabilitas tubuh, dan spesifisitas gerakan. Liao et al. (2022) menjelaskan bahwa latihan unilateral dan bilateral dapat menghasilkan adaptasi kekuatan yang berbeda bergantung pada karakteristik pengukuran, sedangkan Kassiano et al. (2025) menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan memiliki hubungan dengan spesifisitas jenis latihan yang dilakukan. Berdasarkan pertimbangan tersebut, kedua metode dibandingkan untuk mengidentifikasi perbedaan perubahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan pada atlet karate.

Rancangan penelitian terdiri atas pengukuran awal (*pretest*), pemberian intervensi latihan, dan pengukuran akhir (*posttest*). Kelompok pertama memperoleh latihan *squat* (X_1), sedangkan kelompok kedua memperoleh latihan *lunges* (X_2). Pengukuran kekuatan otot tungkai dan daya tahan dilakukan pada kedua kelompok sebelum dan setelah intervensi menggunakan instrumen yang sama. Secara sistematis, rancangan penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema desain penelitian dua kelompok intervensi aktif dengan pengukuran *pretest–posttest*

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian mencakup seluruh atlet karate yang tergabung dalam Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura. Sampel penelitian berjumlah 30 atlet yang diperoleh melalui pendekatan *purposive sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kesesuaian karakteristik peserta dengan tujuan penelitian. Seluruh peserta dibagi menjadi dua kelompok intervensi aktif yang masing-masing terdiri atas 15 atlet, yaitu kelompok latihan *squat* dan kelompok latihan *lunges*. Pembagian tersebut memungkinkan perbandingan perubahan kemampuan fisik setelah pemberian kedua bentuk latihan.

Penelitian difokuskan pada atlet karate yang mengikuti program latihan fisik di Dojo Sentani Club. Pemilihan peserta dari lingkungan latihan yang sama dimaksudkan untuk membatasi variasi konteks pembinaan dan karakteristik aktivitas olahraga yang dapat memengaruhi respons terhadap intervensi. Meskipun demikian, perbedaan kemampuan awal, tingkat kebugaran, pengalaman latihan, dan karakteristik individu tetap merupakan faktor yang perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil. Stricker et al. (2020) menegaskan bahwa respons terhadap latihan resistensi pada atlet usia perkembangan dapat dipengaruhi oleh tingkat kematangan, kemampuan fisik awal, keterampilan gerakan, dan pengalaman latihan. Oleh karena itu, penggunaan kelompok intervensi aktif memungkinkan perbandingan respons terhadap latihan *squat* dan *lunges*, tetapi tidak sepenuhnya menghilangkan kemungkinan pengaruh karakteristik individu terhadap perubahan hasil pengukuran.

Jumlah sampel sebanyak 30 atlet digunakan dalam analisis dengan komposisi 15 peserta pada setiap kelompok. Mengingat penelitian dilakukan pada satu dojo dengan jumlah peserta yang relatif terbatas, hasilnya terutama merepresentasikan karakteristik atlet dan kondisi latihan yang diteliti. Generalisasi hasil kepada populasi atlet karate yang lebih luas perlu mempertimbangkan perbedaan karakteristik peserta, pengalaman latihan, dan lingkungan pembinaan.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian terdiri atas *Leg Dynamometer* untuk mengukur kekuatan otot tungkai dan *Bleep Test* untuk menilai daya tahan kardiorespirasi. Kedua instrumen digunakan pada pengukuran awal dan akhir untuk memperoleh informasi mengenai perubahan kemampuan fisik setelah intervensi latihan. Pemilihan instrumen mempertimbangkan kesesuaian antara karakteristik pengukuran dan variabel penelitian, karena kekuatan otot dan daya tahan kardiorespirasi merupakan komponen kondisi fisik yang memiliki dasar fisiologis berbeda. Pelaporan instrumen dan luaran secara konsisten penting untuk memastikan bahwa hasil pengukuran dapat diinterpretasikan sesuai konstruk yang dinilai (Butcher et al., 2022).

Pengukuran kekuatan otot tungkai dilakukan menggunakan *Leg Dynamometer*, yaitu instrumen yang digunakan untuk menilai kemampuan otot tungkai menghasilkan gaya maksimal melalui mekanisme pengukuran kekuatan. Hasil pengukuran digunakan sebagai indikator kapasitas kekuatan otot tungkai sebelum dan setelah program latihan. Penggunaan instrumen dinamometri dalam penelitian olahraga memungkinkan evaluasi perubahan kemampuan menghasilkan gaya secara kuantitatif. Namun, ketepatan hasil pengukuran dipengaruhi oleh konsistensi posisi tubuh, teknik pelaksanaan, karakteristik alat, dan prosedur pengujian. Oleh karena

itu, interpretasi perubahan kekuatan otot perlu mempertimbangkan konsistensi prosedur pengukuran serta karakteristik instrumen yang digunakan.

Pengukuran daya tahan dilakukan menggunakan *Bleep Test* atau *multistage shuttle run test*, yaitu tes lapangan yang menilai kemampuan peserta mempertahankan aktivitas lari bolak-balik mengikuti peningkatan kecepatan secara bertahap. Pada protokol standar, peserta berlari mengikuti sinyal audio dengan kecepatan yang meningkat sampai tidak mampu lagi mempertahankan tuntutan tes. Hasil pengukuran digunakan sebagai indikator performa kebugaran kardiorespirasi, bukan sebagai pengukuran langsung daya tahan otot. Tomkinson et al. (2019) menjelaskan bahwa tes lari bolak-balik 20 meter merupakan instrumen lapangan yang banyak digunakan dalam penilaian kebugaran aerobik anak dan remaja. Penelitian Cruz-León et al. (2025) juga mendukung kelayakan penggunaan tes lari bolak-balik bertahap sebagai salah satu metode evaluasi kebugaran fisik di lapangan. Meskipun demikian, interpretasi hasil tetap harus mempertimbangkan protokol pelaksanaan dan bentuk skor yang digunakan.

Penggunaan kedua instrumen tersebut memberikan gambaran mengenai perubahan dua komponen kondisi fisik atlet karate, yaitu kemampuan menghasilkan gaya oleh otot tungkai dan performa dalam aktivitas lari bertahap. Pengukuran dengan instrumen yang sama pada kedua waktu pengujian menjadi dasar perbandingan skor sebelum dan setelah intervensi. Perbedaan karakteristik kedua instrumen juga menjadi pertimbangan dalam analisis karena skor kekuatan otot tungkai dan skor *Bleep Test* tidak merepresentasikan satuan maupun konstruk fisiologis yang sama.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan pada atlet karate Dojo Sentani Club di Kabupaten Jayapura melalui tiga tahapan utama, yaitu pengukuran awal, pelaksanaan intervensi, dan pengukuran akhir. Pelaksanaan penelitian dilaporkan berlangsung pada tahun 2026 dengan program latihan sebanyak 16 pertemuan, yang diselenggarakan dua kali dalam seminggu pada hari Selasa dan Jumat. Proses pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai kekuatan otot tungkai dan daya tahan sebelum serta setelah pemberian latihan *squat* dan *lunges*.

Tahap pertama dilakukan melalui pengukuran awal (*pretest*) terhadap seluruh peserta. Pengukuran kekuatan otot tungkai menggunakan *Leg Dynamometer*, sedangkan pengukuran daya tahan menggunakan *Bleep Test*. Data awal berfungsi sebagai dasar untuk mengidentifikasi kondisi fisik peserta sebelum menjalani program intervensi dan untuk menghitung perubahan skor setelah latihan. Pengukuran awal memiliki peran penting dalam penelitian pretest–posttest karena memungkinkan perubahan individu dievaluasi berdasarkan kemampuan sebelum perlakuan, sebagaimana dijelaskan oleh Wan (2021) dalam kajian analisis statistik rancangan penelitian dengan pengukuran awal dan akhir.

Tahap kedua merupakan pelaksanaan intervensi latihan fisik berdasarkan kelompok masing-masing. Kelompok *squat* menjalani program latihan dengan gerakan bilateral yang melibatkan fleksi dan ekstensi sendi panggul, lutut, serta pergelangan kaki, sedangkan kelompok *lunges* menjalani latihan unilateral dengan pola langkah dan pembebanan yang lebih dominan pada salah satu tungkai secara bergantian. Setiap rangkaian latihan diawali dengan pemanasan, dilanjutkan dengan

latihan inti sesuai kelompok, dan diakhiri dengan pendinginan. Pemanasan dilakukan sebagai persiapan aktivitas fisik, sedangkan pendinginan merupakan bagian dari transisi setelah pelaksanaan latihan. Prinsip penguasaan teknik gerakan, pengawasan, dan pengaturan beban latihan merupakan aspek penting dalam pelaksanaan latihan resistensi, khususnya pada atlet usia perkembangan (Stricker et al., 2020).

Perbedaan karakteristik latihan bilateral dan unilateral menjadi dasar penyusunan kedua kelompok intervensi. Latihan bilateral melibatkan koordinasi kedua tungkai dalam satu rangkaian gerakan, sedangkan latihan unilateral memberikan tuntutan stabilisasi dan pengendalian gerakan pada masing-masing tungkai. Liao et al. (2022) dan Kassiano et al. (2025) menunjukkan bahwa adaptasi latihan resistensi memiliki hubungan dengan spesifisitas gerakan dan jenis kemampuan yang diukur. Oleh karena itu, pemberian dua bentuk latihan yang berbeda memungkinkan penelitian mengevaluasi variasi respons kekuatan otot tungkai dan performa daya tahan pada kelompok atlet yang diteliti.

Tahap ketiga dilaksanakan melalui pengukuran akhir (*posttest*) setelah seluruh rangkaian intervensi selesai. Kedua kelompok kembali menjalani pengukuran kekuatan otot tungkai menggunakan *Leg Dynamometer* dan pengukuran daya tahan menggunakan *Bleep Test*. Hasil pengukuran akhir dibandingkan dengan pengukuran awal untuk memperoleh skor perubahan setiap peserta. Data yang dikumpulkan kemudian dikelompokkan berdasarkan jenis intervensi dan variabel penelitian sebagai dasar analisis statistik. Penggunaan pengukuran sebelum dan sesudah intervensi memungkinkan evaluasi perubahan kemampuan fisik secara deskriptif serta perbandingan distribusi perubahan antarkelompok.

Analisis Data

Data penelitian dianalisis menggunakan pendekatan statistik deskriptif dan inferensial untuk mengevaluasi perubahan kekuatan otot tungkai serta daya tahan setelah program latihan *squat* dan *lunges*. Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik hasil pengukuran, sedangkan analisis inferensial digunakan untuk membandingkan perubahan antara kedua kelompok. Analisis dilakukan secara terpisah untuk masing-masing variabel agar interpretasi hasil sesuai dengan karakteristik pengukuran dan tujuan penelitian.

Statistik deskriptif mencakup nilai rerata (*mean*), simpangan baku (*standard deviation*), nilai minimum, dan maksimum. Perubahan skor dihitung berdasarkan selisih antara pengukuran akhir dan pengukuran awal pada masing-masing peserta. Selanjutnya, pemeriksaan asumsi statistik dilakukan menggunakan uji Shapiro–Wilk untuk mengevaluasi normalitas distribusi skor perubahan dan uji Levene untuk menilai homogenitas varians antarkelompok. Hasil uji normalitas hanya memberikan informasi mengenai karakteristik distribusi data dan tidak dapat digunakan sebagai bukti adanya pengaruh atau peningkatan signifikan akibat intervensi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan normalitas, skor perubahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan pada kedua kelompok menunjukkan distribusi yang tidak normal ($p < 0,05$). Oleh karena itu, perbandingan skor perubahan antara kelompok *squat* dan kelompok *lunges* dilakukan menggunakan uji nonparametrik Mann–Whitney U. Uji ini digunakan untuk mengevaluasi perbedaan distribusi atau kecenderungan peringkat skor perubahan antara dua kelompok independen. Pemilihan metode analisis perlu mempertimbangkan karakteristik distribusi, struktur

data, dan tujuan inferensi, karena analisis skor perubahan dan analisis yang menyesuaikan nilai awal dapat menghasilkan estimasi yang berbeda (Wan, 2021).

Pengujian hipotesis menggunakan tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Nilai $p < 0,05$ digunakan sebagai kriteria penolakan hipotesis nol mengenai tidak adanya perbedaan distribusi skor perubahan antarkelompok, sedangkan nilai $p \geq 0,05$ menunjukkan bahwa bukti statistik yang diperoleh belum cukup untuk menolak hipotesis nol. Hasil Mann–Whitney U digunakan secara khusus untuk mengevaluasi perbedaan perubahan antarkelompok dan tidak ditafsirkan sebagai bukti signifikansi perubahan dalam masing-masing kelompok. Perubahan yang diamati dalam setiap kelompok dijelaskan secara deskriptif berdasarkan selisih hasil pretest dan posttest.

Interpretasi hasil dilakukan dengan mempertimbangkan arah perubahan, variasi skor antarindividu, dan nilai signifikansi pengujian hipotesis. Tidak ditemukannya perbedaan yang signifikan secara statistik tidak secara otomatis menunjukkan bahwa kedua metode latihan memiliki efektivitas yang sama. Prinsip tersebut sejalan dengan rekomendasi Butcher et al. (2022) dan Hopewell et al. (2025), yang menekankan pentingnya kejelasan luaran, transparansi analisis, dan interpretasi hasil yang tidak melampaui bukti empiris. Dengan demikian, analisis penelitian difokuskan pada perubahan deskriptif kemampuan fisik dan perbedaan distribusi perubahan antara kelompok latihan *squat* dan *lunges*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada atlet karate Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura, dengan melibatkan 30 peserta yang terbagi menjadi dua kelompok intervensi aktif, masing-masing sebanyak 15 atlet. Pengukuran dilakukan sebelum (*pretest*) dan setelah (*posttest*) pelaksanaan program latihan menggunakan *Leg Dynamometer* untuk menilai kekuatan otot tungkai dan *Bleep Test* untuk mengevaluasi performa daya tahan kardiorespirasi. Analisis difokuskan pada perubahan skor kedua variabel dalam masing-masing kelompok serta perbandingan perubahan antarkelompok.

Tabel 1 menyajikan statistik deskriptif skor perubahan kekuatan otot tungkai dan daya tahan pada kelompok eksperimen dan kelompok pembanding aktif sesuai pengkodean dalam hasil analisis awal. Secara deskriptif, kedua kelompok memperlihatkan rata-rata perubahan positif pada seluruh variabel pengukuran. Perbedaan rata-rata perubahan secara deskriptif antara kedua kelompok mencapai 3,93 pada kekuatan otot tungkai dan 2,987 pada daya tahan. Namun, perbedaan rata-rata tersebut tidak dapat digunakan secara langsung untuk menyimpulkan keunggulan salah satu metode latihan. Oleh karena itu, interpretasi perbedaan antarkelompok perlu mempertimbangkan karakteristik distribusi data dan hasil pengujian inferensial.

Tabel 1. Statistik deskriptif perubahan skor kekuatan otot tungkai dan daya tahan

Variabel dan kelompok	Mean	SD	Minimum	Maksimum
Kekuatan otot tungkai — eksperimen	20,20	20,083	4	61
Kekuatan otot tungkai — pembanding aktif	16,27	18,445	3	58
Daya tahan — eksperimen	8,247	5,5263	3,1	17,6
Daya tahan — pembanding aktif	5,260	2,9347	3,1	12,0

Pengujian normalitas menggunakan Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa seluruh distribusi skor perubahan yang diperiksa memiliki nilai signifikansi di bawah 0,05. Hasil Shapiro–Wilk memberikan informasi mengenai distribusi data, bukan mengenai signifikansi perubahan akibat intervensi. Oleh karena itu, nilai p pada Tabel 2 tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan adanya peningkatan kekuatan otot tungkai maupun daya tahan yang signifikan setelah latihan.

Tabel 2. Hasil uji normalitas Shapiro–Wilk

Variabel dan kelompok	Statistik W	df	Nilai p
Kekuatan otot tungkai — eksperimen	0,771	15	0,002
Kekuatan otot tungkai — pembanding aktif	0,689	15	<0,001
Daya tahan — eksperimen	0,775	15	0,002
Daya tahan — pembanding aktif	0,733	15	0,001

Pengujian homogenitas varians pada Tabel 3 menggunakan Levene's Test menunjukkan hasil yang berbeda antara kedua variabel penelitian. Perbedaan homogenitas varians tersebut menunjukkan bahwa karakteristik penyebaran perubahan skor tidak sama pada kedua indikator fisik. Temuan ini juga memperlihatkan pentingnya mempertimbangkan variasi respons peserta dalam interpretasi hasil. Dengan demikian, tidak terdapat bukti statistik yang cukup untuk menyatakan varians perubahan kekuatan otot tungkai berbeda antarkelompok, sedangkan varians perubahan daya tahan menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas varians menggunakan Levene's Test

Variabel	Dasar pengujian	Statistik Levene	df1	df2	Nilai p
Kekuatan otot tungkai	Based on Mean	0,747	1	28	0,395
	Based on Median	0,347	1	28	0,560
	Based on Median (adjusted df)	0,347	1	27,419	0,560
	Based on Trimmed Mean	0,827	1	28	0,371
Daya tahan	Based on Mean	27,009	1	28	<0,001
	Based on Median	4,595	1	28	0,041
	Based on Median (adjusted df)	4,595	1	22,905	0,043
	Based on Trimmed Mean	23,818	1	28	<0,001

Berdasarkan Tabel 4, besaran efek absolut yang diturunkan dari statistik Mann–Whitney U mendekati nol untuk kekuatan otot tungkai (0,004), sedangkan pada daya tahan sebesar 0,236. Meskipun rata-rata peningkatan secara deskriptif lebih besar pada kelompok yang diberi kode eksperimen, hasil inferensial tidak menunjukkan perbedaan peningkatan yang signifikan secara statistik. Oleh karena itu, penelitian ini belum memberikan bukti yang cukup untuk menyatakan bahwa salah satu metode latihan lebih unggul dibandingkan metode lainnya. Hasil tersebut juga tidak dapat ditafsirkan sebagai bukti kesetaraan efektivitas kedua metode, karena kesetaraan memerlukan rancangan dan analisis khusus serta batas perbedaan yang ditetapkan sebelumnya (Amrhein et al., 2019).

Tabel 4. Hasil uji Mann–Whitney U terhadap perbedaan perubahan antarkelompok

Statistik	Kekuatan otot tungkai	Daya tahan
Mann–Whitney U	112,000	86,000
Wilcoxon W	232,000	206,000
Z	−0,021	−1,106
Asymp. Sig. (2-tailed)	0,983	0,269
Exact Sig. [2 × (1-tailed Sig.)]	1,000	0,285
Estimasi besaran efek absolut, $\lvert r_{r\beta} \rvert$	0,004	0,236

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya perubahan skor positif secara deskriptif pada kedua kelompok, tetapi belum ditemukan perbedaan perubahan yang signifikan secara statistik antara kelompok latihan pada kekuatan otot tungkai maupun daya tahan. Signifikansi perubahan dalam masing-masing kelompok belum dapat ditentukan berdasarkan pengujian yang dilaporkan, karena analisis yang tersedia berfokus pada perbandingan dua kelompok independen dan belum menyajikan hasil pengujian berpasangan antara pretest dan posttest.

Pembahasan

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa kedua kelompok intervensi aktif mengalami peningkatan skor kekuatan otot tungkai dan daya tahan secara deskriptif, tetapi besaran perubahan antarkelompok tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik. Hasil tersebut menjadi dasar untuk mengevaluasi respons terhadap dua bentuk latihan resistensi yang memiliki karakteristik gerakan berbeda, yaitu squat sebagai latihan bilateral dan *lunges* sebagai latihan yang menekankan pembebanan unilateral. Dalam konteks karate, pengembangan kekuatan otot tungkai relevan karena atlet membutuhkan kemampuan menghasilkan gaya untuk mendukung perpindahan posisi, kestabilan kuda-kuda, serta pelaksanaan teknik serangan dan pertahanan. Gaweł et al. (2025), melalui tinjauan sistematis mengenai profil fisiologis atlet karate kompetitif, menunjukkan bahwa kemampuan kekuatan, kecepatan, daya ledak, serta kapasitas metabolik merupakan komponen penting dalam karakteristik performa atlet karate. Meskipun demikian, perubahan skor kekuatan otot tungkai dalam penelitian ini tidak secara langsung membuktikan peningkatan kemampuan teknik maupun performa pertandingan, karena indikator tersebut tidak diukur secara khusus.

Peningkatan skor kekuatan otot tungkai pada kedua kelompok dapat dipahami dalam konteks prinsip adaptasi terhadap latihan resistensi. Latihan *squat* melibatkan koordinasi kedua tungkai secara simultan, sedangkan *lunges* memberikan tuntutan pembebanan dan stabilisasi yang lebih dominan pada satu tungkai secara bergantian. Kedua gerakan melibatkan kelompok otot utama ekstremitas bawah dan secara teoretis dapat memberikan stimulus terhadap sistem neuromuskular. Liao et al. (2022), melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis, menemukan bahwa latihan bilateral cenderung lebih menguntungkan pada pengukuran kekuatan bilateral, sementara latihan unilateral menunjukkan keunggulan pada performa lompatan unilateral. Kassiano et al. (2025) juga menunjukkan bahwa perbedaan adaptasi kekuatan antara latihan unilateral dan bilateral dipengaruhi oleh spesifisitas gerakan dan karakteristik pengukuran. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa respons latihan tidak hanya bergantung pada jenis gerakan, tetapi juga pada kesesuaian antara stimulus latihan dan bentuk pengujian kemampuan fisik. Oleh karena itu, peningkatan skor kekuatan pada kedua kelompok dalam penelitian ini dapat dinilai

selaras dengan kemungkinan adaptasi neuromuskular, tetapi mekanisme adaptasinya tidak dapat dipastikan karena aktivitas neuromuskular dan perubahan morfologi otot tidak diukur secara langsung.

Hasil penelitian ini memiliki perbedaan dengan Permadi et al. (2021), yang melaporkan bahwa latihan *lunges* memberikan peningkatan kekuatan otot tungkai dan keseimbangan lebih besar dibandingkan *squat* pada atlet putra ekstrakurikuler pencak silat. Perbedaan cabang olahraga, karakteristik peserta, frekuensi latihan, volume intervensi, serta indikator hasil dapat memengaruhi keterbandingan kedua penelitian. Selain itu, Permadi et al. (2021) mengevaluasi kekuatan otot tungkai dan keseimbangan, sedangkan penelitian ini menggunakan kekuatan otot tungkai serta performa *Bleep Test* sebagai luaran utama. Dengan demikian, perbedaan hasil kedua penelitian tidak dapat langsung ditafsirkan sebagai kontradiksi mengenai efektivitas salah satu latihan. Sebaliknya, temuan ini menunjukkan pentingnya mempertimbangkan karakteristik intervensi dan populasi sebelum menggeneralisasikan keunggulan latihan *lunges* atau *squat* pada cabang olahraga bela diri yang berbeda.

Keterkaitan latihan tungkai dengan performa karate juga telah dilaporkan oleh Siregar et al. (2023), yang mengkaji kontribusi *squat jump, leg squat,* dan *walking lunge* terhadap keterampilan tendangan *mawashi geri*. Penelitian tersebut memberikan bukti mengenai hubungan kemampuan fisik tungkai dengan indikator teknik karate, tetapi tidak identik dengan penelitian intervensi yang membandingkan perubahan kekuatan otot dan daya tahan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini lebih tepat ditempatkan sebagai tambahan bukti mengenai respons indikator kondisi fisik, bukan sebagai bukti langsung peningkatan efektivitas tendangan. Lebih lanjut, Swinton et al. (2024), melalui meta-analisisnya, menunjukkan bahwa besaran adaptasi terhadap latihan resistensi dipengaruhi oleh intensitas beban, durasi latihan, dan jenis kemampuan yang diukur. Hal ini memperlihatkan pentingnya dosis latihan ketika mengevaluasi perbedaan respons antarprogram. Namun, pengaruh spesifik intensitas, volume, dan progresi latihan terhadap hasil penelitian ini belum dapat ditentukan tanpa informasi dosis latihan yang memadai.

Pada variabel daya tahan, kedua kelompok menunjukkan peningkatan skor *Bleep Test* secara deskriptif, tetapi perbedaan perubahan antarkelompok tidak signifikan secara statistik ($p = 0{,}269$). Interpretasi ini perlu mempertimbangkan bahwa *Bleep Test* merupakan tes lapangan yang digunakan untuk menilai performa lari bolak-balik bertahap dan berkaitan dengan kebugaran kardiorespirasi, bukan pengukuran langsung daya tahan otot. Tomkinson et al. (2019) menjelaskan bahwa tes lari bolak-balik 20 meter mempunyai karakteristik pengukuran yang praktis dan reliabilitas yang memadai untuk evaluasi kebugaran kardiorespirasi. Namun, performa tes lapangan juga dapat dipengaruhi oleh faktor selain kapasitas aerobik, sehingga peningkatan skor tidak boleh langsung diartikan sebagai peningkatan VO_2max tanpa persamaan estimasi dan prosedur validasi yang sesuai. Dalam penelitian ini, perubahan skor *Bleep Test* lebih tepat diinterpretasikan sebagai perubahan performa tes daya tahan kardiorespirasi, bukan bukti langsung terjadinya adaptasi kapasitas konsumsi oksigen maksimal.

Penelitian Xu dan Wang (2025) memberikan dasar empiris untuk memahami perbedaan respons kekuatan otot dan kapasitas aerobik terhadap latihan fisik pada atlet karate. Dalam penelitian tersebut, 40 atlet karate menjalani intervensi selama delapan minggu melalui latihan resistensi, *short sprint interval training*, serta

kombinasi keduanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa latihan resistensi menghasilkan peningkatan kekuatan yang lebih besar daripada latihan *sprint interval*, sedangkan latihan sprint interval memberikan adaptasi aerobik yang lebih baik. Kelompok latihan resistensi saja tidak menunjukkan perubahan VO_2max yang signifikan, berbeda dari kelompok yang melibatkan latihan interval. Temuan tersebut menunjukkan bahwa stimulus latihan yang efektif untuk pengembangan kekuatan otot belum tentu menghasilkan adaptasi kardiorespirasi yang sebanding. Rezaei et al. (2024) juga melaporkan peningkatan indikator performa aerobik dan anaerobik setelah penambahan latihan interval intensitas tinggi pada atlet karate. Selanjutnya, Yue et al. (2025), melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis pada olahraga bela diri Olimpiade, melaporkan bahwa latihan interval intensitas tinggi memberikan keuntungan terhadap indikator kapasitas aerobik dan anaerobik dibandingkan kondisi pembanding yang diteliti, meskipun kepastian bukti dalam kajian tersebut masih memiliki keterbatasan. Secara keseluruhan, literatur tersebut mendukung pentingnya spesifisitas stimulus latihan dalam pengembangan kebugaran kardiorespirasi, tetapi tidak membuktikan secara langsung mekanisme perubahan skor *Bleep Test* yang ditemukan dalam penelitian ini.

Tidak ditemukannya perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok dapat dipertimbangkan melalui beberapa kemungkinan penjelasan. Pertama, latihan *squat* dan *lunges* sama-sama melibatkan kelompok otot utama ekstremitas bawah sehingga terdapat kesamaan karakteristik stimulus resistensi yang berpotensi menghasilkan perubahan kekuatan dengan arah serupa. Kedua, durasi dan frekuensi intervensi yang relatif terbatas mungkin belum cukup untuk memperlihatkan perbedaan adaptasi antarmetode secara jelas, terutama apabila karakteristik beban latihan dan progresinya tidak berbeda secara substansial. Ketiga, variasi respons individu yang tercermin dalam simpangan baku perubahan kekuatan otot tungkai dapat mengurangi ketepatan estimasi perbedaan antarkelompok. Keempat, jumlah peserta sebanyak 15 atlet pada setiap kelompok membatasi ketelitian pengujian terhadap perbedaan yang mungkin berukuran kecil. Meskipun penjelasan tersebut memiliki dasar fisiologis dan metodologis yang relevan, faktor-faktor tersebut tetap merupakan kemungkinan interpretasi dan belum dapat ditetapkan sebagai penyebab hasil penelitian tanpa analisis pendukung.

Interpretasi terhadap hasil yang tidak signifikan juga perlu dilakukan secara hati-hati. Nilai $p = 0{,}983$ pada kekuatan otot tungkai dan $p = 0{,}269$ pada daya tahan menunjukkan bahwa analisis yang digunakan tidak menemukan bukti statistik yang cukup mengenai perbedaan distribusi skor perubahan antarkelompok. Namun, hasil tersebut bukan bukti bahwa kedua metode mempunyai efektivitas yang identik. Amrhein et al. (2019) menekankan bahwa hasil yang tidak signifikan secara statistik tidak boleh secara otomatis ditafsirkan sebagai tidak adanya efek atau perbedaan. Oleh karena itu, penilaian terhadap signifikansi praktis dan besaran perbedaan perlu mempertimbangkan ukuran efek serta interval kepercayaan. Dalam penelitian ini, estimasi ukuran efek berbasis peringkat menunjukkan besaran yang sangat kecil pada kekuatan otot tungkai dan lebih besar pada daya tahan, tetapi ketidakpastian estimasi tersebut belum dapat dinilai secara memadai tanpa interval kepercayaan. Temuan penelitian lebih tepat dipahami sebagai belum ditemukannya bukti yang cukup untuk menyatakan keunggulan salah satu intervensi berdasarkan pengujian yang tersedia.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Pertama, jumlah sampel yang relatif kecil dan keterlibatan peserta dari satu dojo

membatasi presisi estimasi serta generalisasi hasil kepada populasi atlet karate yang lebih luas. Kedua, kedua kelompok menerima intervensi aktif tanpa kelompok pembanding yang tidak memperoleh tambahan latihan, sehingga perubahan skor *pretest–posttest* tidak dapat sepenuhnya diatribusikan pada latihan *squat* atau *lunges.* Ketiga, rincian intensitas, volume, progresi, dan keterbandingan beban latihan belum dilaporkan secara lengkap, sehingga hubungan antara dosis intervensi dan respons fisik belum dapat dianalisis secara memadai. Keempat, penggunaan *Leg Dynamometer* dan *Bleep Test* hanya memberikan informasi mengenai indikator fisik yang diukur, tanpa mengevaluasi secara langsung mekanisme neuromuskular, kapasitas aerobik melalui pengukuran konsumsi oksigen, atau performa teknik karate.

Secara praktis, temuan penelitian ini memberikan informasi awal bahwa kelompok yang menjalani program latihan *squat* dan *lunges* menunjukkan perubahan skor kekuatan otot tungkai dan performa daya tahan kardiorespirasi ke arah positif secara deskriptif. Namun, berdasarkan hasil perbandingan antarkelompok, belum terdapat bukti statistik yang cukup untuk merekomendasikan salah satu metode sebagai pilihan yang lebih unggul. Pelatih dapat mempertimbangkan kedua bentuk latihan sebagai bagian dari program pengondisian fisik dengan memperhatikan tujuan latihan, karakteristik atlet, penguasaan teknik, serta pengaturan beban dan progresi yang sesuai. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pelaporan intervensi yang lebih terstandar, jumlah peserta yang ditentukan berdasarkan kebutuhan statistik, kelompok pembanding yang sesuai, pengukuran kemampuan fisik yang lebih spesifik, serta analisis ukuran efek dan interval kepercayaan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perbedaan respons terhadap latihan bilateral dan unilateral pada atlet karate.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kelompok atlet karate Dojo Sentani Club, Kabupaten Jayapura, yang mengikuti program latihan *squat* dan *lunges* menunjukkan peningkatan skor kekuatan otot tungkai dan daya tahan kardiorespirasi secara deskriptif setelah pelaksanaan intervensi. Namun, hasil uji Mann–Whitney U menunjukkan bahwa perbedaan perubahan antarkelompok tidak signifikan secara statistik, baik pada kekuatan otot tungkai ($p = 0{,}983$) maupun daya tahan kardiorespirasi ($p = 0{,}269$). Temuan tersebut menunjukkan bahwa belum terdapat bukti empiris yang cukup untuk menyatakan keunggulan salah satu metode latihan, tetapi tidak dapat diartikan bahwa kedua metode memiliki efektivitas yang setara. Selain itu, signifikansi peningkatan dalam masing-masing kelompok belum dapat dipastikan karena belum tersedia hasil pengujian statistik berpasangan yang sesuai. Secara praktis, latihan *squat* dan *lunges* dapat dipertimbangkan sebagai alternatif dalam penyusunan program pengondisian fisik atlet karate dengan memperhatikan karakteristik individu, tujuan latihan, dan pengaturan beban yang tepat. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi empiris awal mengenai perubahan kemampuan fisik setelah latihan bilateral dan unilateral pada atlet karate.

REFERENSI

Aji, A. B., Rahayuni, K., Widiawati, P., & Supriatna. (2023). Analisis perbandingan hasil tes kondisi fisik tahun 2021 dan tahun 2022 atlet karate Universitas Negeri Malang. *Sport Science and Health, 5*(9), 934–948. https://doi.org/10.17977/um062v5i92023p934-948

Amrhein, V., Greenland, S., & McShane, B. (2019). Scientists rise up against statistical significance. *Nature, 567*(7748), 305–307. https://doi.org/10.1038/d41586-019-00857-9

Butcher, N. J., Monsour, A., Mew, E. J., Chan, A.-W., Moher, D., Mayo-Wilson, E., Terwee, C. B., Chee-A-Tow, A., Baba, A., Gavin, F., Grimshaw, J. M., Kelly, L. E., Saeed, L., Thabane, L., Askie, L., Smith, M., Farid-Kapadia, M., Williamson, P. R., Szatmari, P., . . . Offringa, M. (2022). Guidelines for reporting outcomes in trial reports: The CONSORT-Outcomes 2022 extension. *JAMA, 328*(22), 2252–2264. https://doi.org/10.1001/jama.2022.21022

Cruz-León, C., Expósito-Carrillo, P., Sánchez-Parente, S., Jiménez-Iglesias, J., Borges-Cosic, M., Cuenca-Garcia, M., & Castro-Piñero, J. (2025). Feasibility and safety of field-based physical fitness tests: A systematic review. *Sports Medicine - Open, 11*, Article 8. https://doi.org/10.1186/s40798-024-00799-1

Gaweł, E., Drozd, M., & Zając, A. (2025). Current trends in physical and physiological profile of elite WKF karate athletes: A systematic review. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation, 17*, Article 6. https://doi.org/10.1186/s13102-024-01047-5

Hopewell, S., Chan, A.-W., Collins, G. S., Hróbjartsson, A., Moher, D., Schulz, K. F., Tunn, R., Aggarwal, R., Berkwits, M., Berlin, J. A., Bhandari, N., Butcher, N. J., Campbell, M. K., Chidebe, R. C. W., Elbourne, D., Farmer, A., Fergusson, D. A., Golub, R. M., Goodman, S. N., . . . Boutron, I. (2025). CONSORT 2025 statement: Updated guideline for reporting randomized trials. *Nature Medicine, 31*(6), 1776–1783. https://doi.org/10.1038/s41591-025-03635-5

Kassiano, W., Nunes, J. P., Costa, B., Ribeiro, A. S., Loenneke, J. P., & Cyrino, E. S. (2025). Comparison of muscle growth and dynamic strength adaptations induced by unilateral and bilateral resistance training: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine, 55*(4), 923–936. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02169-z

Liao, K.-F., Nassis, G. P., Bishop, C., Yang, W., Bian, C., & Li, Y.-M. (2022). Effects of unilateral vs. bilateral resistance training interventions on measures of strength, jump, linear and change of direction speed: A systematic review and meta-analysis. *Biology of Sport, 39*(3), 485–497. https://doi.org/10.5114/biolsport.2022.107024

Melchalisara, P., Umar, U., Yennes, R., & Setiawan, Y. (2024). Tinjauan kondisi fisik atlet karate KKI (Kushin Ryu M Karate-do Indonesia) Kota Bengkulu. *Jurnal Gladiator, 4*(5), 1418–1427. https://doi.org/10.24036/gltdor1388011

Permadi, P. S. Y., Adiputra, I. N., Griadhi, I. P. A., Astawa, P., Purnawati, S., & Primayanti, I. D. A. I. D. (2021). Pelatihan lunges lebih baik daripada pelatihan squat dalam meningkatkan kekuatan otot tungkai dan keseimbangan atlet putra peserta ekstrakurikuler pencak silat SMA Dwijendra Denpasar. *Sport and Fitness Journal, 9*(1), 74–81. https://doi.org/10.24843/spj.2021.v09.i01.p10

Rezaei, M., Parnow, A., & Mohr, M. (2024). Additional high intensity intermittent training improves aerobic and anaerobic performance in elite karate athletes. *Sport Sciences for Health, 20*(3), 779–788. https://doi.org/10.1007/s11332-023-01156-7

Siregar, Y. I., Nurkadri, N., Rohaya, N., Muda, S., & Ginting, D. A. (2023). Contribution of squat jump, leg squat, and walking lunge to mawashi geri kicking ability skills. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran, 9*(2), 355–368. https://doi.org/10.29407/js_unpgri.v9i2.21014

Stricker, P. R., Faigenbaum, A. D., & McCambridge, T. M. (2020). Resistance training for children and adolescents. *Pediatrics, 145*(6), Article e20201011. https://doi.org/10.1542/peds.2020-1011

Swinton, P. A., Schoenfeld, B. J., & Murphy, A. (2024). Dose–response modelling of resistance exercise across outcome domains in strength and conditioning: A meta-analysis. *Sports Medicine, 54*(6), 1579–1594. https://doi.org/10.1007/s40279-024-02006-3

Tandoapu, V. B. (2023). *Pengaruh latihan plyometric lunge jump dan squat jump terhadap kekuatan otot tungkai atlet karate Dojo Yudha Sakti* [Skripsi sarjana, Universitas Tadulako]. Repositori Universitas Tadulako. https://repository.untad.ac.id/id/eprint/127181/

Tomkinson, G. R., Lang, J. J., Blanchard, J., Léger, L. A., & Tremblay, M. S. (2019). The 20-m shuttle run: Assessment and interpretation of data in relation to youth aerobic fitness and health. *Pediatric Exercise Science, 31*(2), 152–163. https://doi.org/10.1123/pes.2018-0179

Wan, F. (2021). Statistical analysis of two arm randomized pre-post designs with one post-treatment measurement. *BMC Medical Research Methodology, 21*, Article 150. https://doi.org/10.1186/s12874-021-01323-9

Xu, Y., & Wang, S. (2025). Sequencing effects of concurrent resistance and short sprint interval training on physical fitness, and aerobic and anaerobic performance of karate athletes. *Journal of Sports Science & Medicine, 24*(1), 205–216. https://doi.org/10.52082/jssm.2025.205

Yue, F., Wang, Y., Yang, H., & Zhang, X. (2025). Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity in Olympic combat sports: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology, 16*, Article 1576676. https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1576676