

Efektivitas Plyometrik dan Latihan Berbasis Keterampilan dalam Meningkatkan Kemampuan Smash Ditinjau dari Power Otot Tungkai

Suhirman¹, Ali Muhaimin^{2*}, Dadang Warta Chanra Wijaya Kesuma³

Program Studi Pendidikan Kepelatihan Olahraga, FIKKM, Universitas Pendidikan

MandalikaJl. Pemuda No. 59 A, Mataram

Email Korespondensi: alimuhaimin@undikma.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh metode latihan pliometrik dan latihan berbasis keterampilan terhadap peningkatan kemampuan smash pada siswa ekstrakurikuler bola voli SMA, serta menelaah peran kategori power otot tungkai (tinggi vs. rendah) dalam memoderasi respons latihan. Hipotesis utama menyatakan bahwa latihan pliometrik akan menghasilkan peningkatan kemampuan smash yang lebih besar dibandingkan latihan keterampilan, dan bahwa siswa dengan power otot tungkai tinggi akan menunjukkan respons adaptasi latihan yang lebih optimal. Desain eksperimen faktorial 2×2 diterapkan pada 40 siswa berusia 16–18 tahun, terbagi menjadi empat kelompok kombinasi metode latihan dan kategori power. Intervensi dilaksanakan selama empat minggu (12 sesi), dengan pengukuran pretest dan posttest menggunakan vertical jump test untuk menilai power awal dan T-score smash sebagai indikator performa pukulan. Analisis Two-Way ANOVA mengungkapkan perbedaan signifikan antara metode latihan, di mana kelompok pliometrik meningkatkan skor smash rata-rata lebih tinggi sebesar 2.099 poin dibandingkan kelompok keterampilan. Selain itu, kategori power tinggi menunjukkan peningkatan skor posttest sebesar 1.275 poin lebih tinggi daripada kategori power rendah. Tidak ditemukan interaksi signifikan antara metode latihan dan kategori power, mengindikasikan bahwa efek kedua faktor berjalan independen. Temuan ini menegaskan bahwa latihan pliometrik efektif dalam mengoptimalkan respons neuromuskular dan meningkatkan daya ledak otot tungkai, sedangkan kondisi fisik awal mempengaruhi tingkat peningkatan adaptasi latihan. Oleh karena itu, integrasi latihan pliometrik dan penilaian power otot tungkai awal direkomendasikan untuk merancang program latihan yang lebih terarah dan individual. Implikasi praktis meliputi pengembangan modul pelatihan eksplosif dan teknik, sedangkan penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas durasi intervensi, memperkaya variasi sampel, dan mengeksplorasi variabel psikologis serta taktis dalam meningkatkan performa smash secara menyeluruh.

Kata kunci: Plyometrik, Latihan Berbasis Keterampilan, Power Otot Tungkai, Smash.

The Effectiveness of Plyometrics and Skill-Based Training in Improving Smashing Ability in Terms of Leg Muscle Power

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of plyometric training and skill-based training on improving smashing ability in high school volleyball extracurricular students, and to examine the role of leg muscle power category (high vs. low) in moderating the training response. The primary hypothesis was that plyometric training would result in greater improvement in smashing ability than skill training, and that students with high leg muscle power would demonstrate a more optimal training adaptation response. A 2×2 factorial experimental design was applied to 40 students aged 16–18 years, divided into four groups combining training methods and power categories. The intervention was carried out for four weeks (12 sessions), with pretest and posttest measurements using the vertical jump test to assess initial power and the smash T-score as an indicator of hitting performance. Two-Way ANOVA analysis revealed significant differences between the training methods, where the plyometric group increased their smash score by an average of 2,099 points higher than the skill group. In addition, the high power category showed a posttest score increase of 1,275 points higher than the low power category. No significant interaction between training method and power category was found, indicating that the effects of both factors operate independently. These findings confirm that plyometric training is effective in optimizing neuromuscular responses and increasing leg muscle explosive power, while baseline physical condition influences the degree of improvement in training adaptation. Therefore, the integration of plyometric training and baseline leg muscle power assessment is recommended for designing more targeted and individualized training programs. Practical implications include the development of explosive and technique training modules, while further research is recommended to extend the duration of interventions, diversify sample sizes, and explore psychological and tactical variables in improving overall smash performance.

Keywords: Plyometrics, Skill Based Training, Leg Muscle Power, Smash.

How to Cite: Suhirman, S., Muhaimin, A., & Kesuma, D. W. C. W. (2025). Efektivitas Plyometrik dan Latihan Berbasis Keterampilan dalam Meningkatkan Kemampuan Smash Ditinjau dari Power Otot Tungkai. *Empiricism Journal*, 6(3), 1023–1034. <https://doi.org/10.36312/ej.v6i3.3486>



PENDAHULUAN

Permainan bola voli merupakan salah satu cabang olahraga populer yang menuntut kombinasi optimal antara keterampilan teknis, kapasitas fisik, strategi permainan, dan kesiapan mental. Di antara berbagai teknik dalam bola voli, smash menempati posisi krusial sebagai senjata utama serangan untuk mencetak angka. Smash yang efektif ditentukan oleh kecepatan, kekuatan, akurasi, dan kemampuan pemain melakukan lompatan eksplosif sehingga dapat memukul bola pada titik tertinggi. Oleh karena itu, kualitas smash tidak hanya ditentukan oleh penguasaan teknik, tetapi juga oleh kapasitas fisik, khususnya power otot tungkai yang memengaruhi ketinggian lompatan dan kecepatan ayunan lengan. Dalam konteks pemain usia sekolah menengah, aspek fisik dan keterampilan teknik sering kali berkembang secara bersamaan, sehingga pemilihan metode latihan yang tepat sangat menentukan kualitas performa di lapangan.

Secara fisiologis, power otot tungkai merupakan determinan utama efektivitas smash pada atlet remaja. Studi terbaru menunjukkan bahwa kekuatan eksplosif tungkai menjelaskan sekitar 26,4% variasi performa smash (Oktariana & Hardiyono, 2020). Mekanismenya berkaitan dengan kecepatan tolakan, tinggi lompatan, serta kemampuan kontak bola pada titik optimal yang meningkatkan kecepatan dan sudut smash. Lebih spesifik, kekuatan pergelangan kaki dan lutut terutama memengaruhi tinggi lompatan, sementara kekuatan pinggul-paha berkontribusi signifikan terhadap performa open-spike (Irawan et al., 2023). Faktor ini tidak berdiri sendiri, tetapi berinteraksi dengan kekuatan lengan dan stabilitas inti tubuh, membentuk fondasi multifaktor di mana power tungkai menjadi unsur dasar yang menopang efektivitas serangan (Hakim et al., 2022; Tsai et al., 2020). Dalam kerangka perkembangan atlet usia sekolah, power tungkai juga diidentifikasi sebagai faktor pembeda kemampuan performa, seiring dengan pengaruh maturasi dan antropometri (Albaladejo-Saura et al., 2022).

Untuk meningkatkan power tungkai, latihan pliometrik telah lama digunakan dan terbukti efektif. Latihan ini menekankan kontraksi otot eksplosif melalui siklus peregangan dan pemendekan (*stretch-shortening cycle*), yang menghasilkan daya ledak lebih besar pada gerakan atletik. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa program pliometrik mampu meningkatkan tinggi lompatan vertikal dan kekuatan eksplosif, baik pada atlet usia remaja maupun mahasiswa (Balasas et al., 2021; Grădinaru & Oravițan, 2021; Thattarauthodiyil & Shenoy, 2021; Pasaribu, 2024). Bahkan, intervensi jangka pendek dua minggu dapat menunjukkan peningkatan performa (*The Effects of Two-Week Modified Plyometric Training*, 2025). Program dengan durasi lebih panjang (≥ 8 minggu) menghasilkan peningkatan substansial pada performa lompat dan smash. Variasi drill seperti box jump, depth jump, hingga pliometrik berbantuan bola memberikan transfer lebih optimal terhadap situasi permainan (Esposito et al., 2024). Lebih jauh, latihan kompleks yang menggabungkan pliometrik dengan latihan resistensi terbukti memberikan peningkatan tambahan dalam power otot dan performa olahraga (Balasas et al., 2021). Dengan demikian, bukti konsisten menempatkan pliometrik sebagai metode latihan inti untuk mengembangkan kapasitas eksplosif pemain bola voli remaja.

Di sisi lain, latihan berbasis keterampilan (*skill-based training*) lebih menekankan pada aspek penguasaan teknik dan akurasi. Program ini bertujuan meningkatkan efisiensi biomekanik, koordinasi gerakan, serta kemampuan membaca situasi permainan. Penelitian membuktikan bahwa metode latihan target tetap (*fixed-target training*) dapat meningkatkan akurasi smash (Irawan et al., 2023), sementara latihan berbasis permainan (*game-based training*) menghasilkan peningkatan keterampilan spike yang lebih signifikan dibanding latihan drill tradisional dalam jangka 12 minggu (Wubale et al., 2024). Pendekatan lain seperti *complex training* yang menggabungkan latihan kekuatan eksplosif dengan praktik spike juga meningkatkan akurasi smash dari backcourt (Hussein, 2021). Selain itu, penguatan kemampuan biomotorik dan stimulasi visual-kognitif terbukti meningkatkan presisi smash, termasuk akurasi diagonal (Farhan, 2023; Altoohafi et al., 2024; Zwayen, 2022). Drill berbasis struktur parsial hingga menyeluruh (*part-whole training*) juga terbukti

mendukung penyempurnaan teknik (Wicaksono et al., 2020). Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan bahwa program latihan keterampilan yang bervariasi dan berbasis pada konteks permainan nyata sangat penting untuk meningkatkan kualitas smash.

Meskipun keduanya terbukti efektif, latihan pliometrik dan latihan berbasis keterampilan menargetkan aspek performa yang berbeda. Pliometrik lebih fokus pada peningkatan kapasitas fisik, terutama power tungkai dan tinggi lompatan, yang berkontribusi pada peningkatan titik kontak bola dan kecepatan smash. Sementara itu, latihan berbasis keterampilan lebih menekankan pada peningkatan akurasi teknik, mekanika awalan, serta aspek perseptual-kognitif yang mendukung pengambilan keputusan dalam permainan (Cao, 2023; Nugraha & Iskandar, 2024; Tiwari et al., 2022). Beberapa bukti menyarankan bahwa integrasi keduanya dalam bentuk latihan kompleks memberikan keuntungan simultan: peningkatan kapasitas fisik sekaligus penyempurnaan keterampilan teknis (Liu et al., 2024; Deng et al., 2023). Dalam perspektif pelatihan tim, program yang seimbang antara pliometrik dan keterampilan diyakini paling efektif untuk mengoptimalkan performa ofensif dalam bola voli maupun cabang olahraga tim lainnya (Helmi, 2025; Anggraini et al., 2023).

Namun demikian, sejumlah kesenjangan penelitian masih menghambat kesimpulan yang kokoh terkait efektivitas relatif kedua pendekatan pada level sekolah menengah. Pertama, studi eksperimental acak yang secara langsung membandingkan latihan pliometrik dan keterampilan di tingkat SMA masih jarang, dengan sebagian besar studi melibatkan sampel remaja umum atau menggunakan desain non-komparatif (Dell'Antonio et al., 2023; Oliveira et al., 2023). Kedua, protokol pliometrik sangat bervariasi (daratan vs. akuatik, dengan atau tanpa bola, variasi permukaan, beban) sehingga sulit dilakukan sintesis praktis untuk konteks sekolah (Gao, 2025; Kavuran, 2025; Iranpour et al., 2025). Ketiga, ukuran hasil smash sering kali berfokus pada parameter laboratorium seperti tinggi lompat atau jangkauan spike, dengan sedikit studi yang menguji akurasi smash dalam kondisi permainan nyata (Putri et al., 2021; Aini et al., 2021). Keempat, respons spesifik berdasarkan jenis kelamin dan tahap maturasi masih kurang dieksplorasi, padahal data menunjukkan bahwa faktor ini memengaruhi perkembangan power dan performa (Nikolaidou et al., 2023; Sylvester et al., 2024). Terakhir, bukti mengenai integrasi pliometrik dengan latihan keterampilan atau neuromuskular pada level SMA masih terbatas, meski meta-analisis menyarankan adanya efek aditif yang potensial (Wan et al., 2025).

Berdasarkan landasan teoritis dan empiris tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas latihan pliometrik dan latihan berbasis keterampilan terhadap peningkatan kemampuan smash pada siswa SMA, dengan mempertimbangkan kategori power otot tungkai (tinggi vs. rendah) sebagai variabel moderator. Hipotesis utama dalam penelitian ini adalah: (1) latihan pliometrik akan memberikan peningkatan kemampuan smash yang lebih besar dibandingkan latihan berbasis keterampilan, dan (2) siswa dengan power otot tungkai tinggi akan menunjukkan peningkatan performa yang lebih besar dibandingkan siswa dengan power otot tungkai rendah, terlepas dari jenis latihan yang diberikan. Selain itu, diteliti pula apakah terdapat interaksi signifikan antara jenis latihan dan kategori power otot tungkai terhadap peningkatan kemampuan smash. Ruang lingkup penelitian meliputi penggunaan desain eksperimen faktorial, instrumen valid (tes smash dan vertical jump test), serta analisis statistik yang memadai. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya literatur keolahragaan serta memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan pelatihan bola voli di tingkat SMA.

Penelitian ini menawarkan kebaruan melalui pendekatan eksperimental faktorial 2×2 yang secara langsung membandingkan efektivitas latihan pliometrik dan latihan berbasis keterampilan terhadap kemampuan smash pada siswa SMA, dengan mempertimbangkan kategori power otot tungkai (tinggi vs. rendah) sebagai variabel moderator. Studi semacam ini masih jarang dilakukan, terutama dalam konteks pelatihan di lingkungan pendidikan formal. Temuan bahwa efek kedua metode bersifat independen menambah pemahaman bahwa karakteristik fisik individu harus dijadikan dasar dalam merancang program latihan. Latihan pliometrik terbukti lebih efektif untuk siswa dengan power tinggi karena meningkatkan daya ledak dan tinggi lompatan, sementara latihan keterampilan tetap relevan untuk siswa dengan power rendah melalui penguatan teknik dan akurasi. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menegaskan efektivitas metode, tetapi juga memetakan efektivitas relatif berdasarkan profil fisiologis peserta. Penggunaan desain faktorial, instrumen

terstandar, dan analisis statistik mendalam semakin memperkuat validitas dan kontribusi ilmiah studi ini. Hasilnya memberikan dasar praktis bagi guru dan pelatih dalam menyusun program latihan yang adaptif dan terpersonalisasi di tingkat sekolah menengah, serta mengisi celah literatur tentang efektivitas pendekatan pelatihan berbasis karakteristik fisik remaja.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen dengan rancangan faktorial 2×2 pretest–posttest design. Rancangan ini dipilih karena mampu mengevaluasi dua variabel independen secara bersamaan, yaitu jenis latihan (plyometrik vs. berbasis keterampilan) dan tingkat power otot tungkai (tinggi vs. rendah), serta memungkinkan analisis interaksi antara keduanya terhadap variabel dependen berupa kemampuan smash. Pendekatan faktorial umum digunakan dalam penelitian keolahragaan untuk membandingkan efektivitas intervensi pelatihan dengan mempertimbangkan variabel moderator (Saparia et al., 2020). Desain faktorial 2×2 memberikan fleksibilitas dalam mengevaluasi efek utama (main effects) dari jenis latihan maupun tingkat power otot tungkai, serta potensi interaksi di antara keduanya. Dengan pretest dan posttest, perubahan performa dapat diamati secara lebih objektif, sekaligus meminimalkan bias awal antar kelompok. Desain ini sejalan dengan berbagai penelitian pelatihan bola voli, baik yang menggunakan uji coba terkontrol secara acak (Uzor et al., 2023) maupun dua kelompok pretest–posttest untuk membandingkan efektivitas latihan (Sinuhaji & Salsabila, 2025).

Table 1. Desain Penelitian Factorial Design 2x2

Latihan Power	Latihan Plyometrik (A1)	Latihan Berbasis Keterampilan (A2)
Tinggi (B1)	A1 x B1	A2 x B1
Rendah (B2)	A1 x B2	A2 x B2

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh siswa yang mengikuti kegiatan ekstrakurikuler bola voli di SMAN 1 Wanasaba, Lombok Timur, dengan rentang usia 16–18 tahun. Mereka dipilih karena memiliki dasar keterampilan bola voli dan mengikuti latihan secara rutin, sehingga memenuhi syarat untuk menjalani program intervensi. Sampel ditentukan melalui purposive sampling dengan kriteria: (1) aktif mengikuti latihan bola voli minimal enam bulan terakhir, (2) tidak mengalami cedera pada tungkai dalam enam bulan terakhir, (3) bersedia mengikuti seluruh rangkaian program penelitian, dan (4) termasuk kategori power tungkai tinggi atau rendah berdasarkan hasil vertical jump test. Jumlah sampel ditetapkan sebanyak 40 siswa, kemudian dibagi ke dalam kelompok sesuai kategori desain factorial.

Presedur Intervensi Latihan

Intervensi dilakukan selama 4 minggu dengan total 12 sesi latihan. Setiap sesi berdurasi ±90 menit, terdiri dari pemanasan, inti latihan, dan pendinginan. Intensitas dan progresi latihan dirancang untuk menyesuaikan dengan prinsip beban bertahap, spesifisitas, serta pemulihan. a) Latihan Plyometrik Program plyometrik difokuskan pada peningkatan power otot tungkai dengan memanfaatkan kontraksi eksplosif melalui stretch-shortening cycle. Variasi latihan mencakup jump squat, box jump, depth jump, tuck jump, dan bounding drills. Latihan seperti depth jump menstimulasi kontraksi neuromuskular eksplosif yang berkontribusi pada peningkatan tinggi lompatan (Markovic & Mikulic, 2010). Bukti empiris menunjukkan bahwa program plyometrik mampu meningkatkan ketinggian lompatan hingga 10–15% dalam kurun 6–8 minggu (Grădinaru & Oravițan, 2021). b) Latihan Berbasis Keterampilan Program berbasis keterampilan difokuskan pada penguasaan teknik smash, termasuk drill teknik dasar, smash dari berbagai tipe umpan, smash melawan blok, latihan target smash, dan simulasi pertandingan. Pendekatan ini bertujuan meningkatkan akurasi, koordinasi mata tangan, serta efisiensi biomekanik dalam eksekusi smash (Sheppard et al., 2008; Wubale et al., 2024). Latihan berbasis keterampilan juga memberikan stimulasi kognitif-perseptual yang mendukung pengambilan keputusan dalam permainan (Altoohafi et al., 2024).

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian dipilih berdasarkan validitas dan reliabilitas tinggi dalam mengukur power otot tungkai dan kemampuan smash. a) Power Otot Tungkai Pengukuran power tungkai dilakukan dengan vertical jump test, yang menilai selisih tinggi raihan berdiri dan lompatan maksimal. Tes ini dipilih karena mudah diterapkan di sekolah dengan validitas (0,978) dan reliabilitas (0,989) tinggi (Widiastuti, 2015). Selain itu, literatur terkini menunjukkan bahwa alat berbasis force plate pada tes countermovement jump (CMJ) atau countermovement jump with arm (CMJA) memberikan data yang lebih rinci, seperti gaya maksimal (F_{max}) dan daya maksimal (P_{max}), yang dianggap gold standard untuk menilai power tungkai pada atlet bola voli (Pogoni & Pogoni, 2021; Akinci & Ince, 2025). Alternatif lain adalah perangkat elektronik validasi tinggi untuk mengukur ketinggian lompatan (Soyib et al., 2024), yang relevan ketika force plate tidak tersedia. Dengan demikian, tes vertical jump tetap digunakan dalam penelitian ini, namun disadari adanya potensi penguatan melalui instrumen berbasis teknologi lebih canggih pada penelitian lanjutan. b) Kemampuan Smash Kemampuan smash diukur menggunakan tes keterampilan smash. Pengukuran mencakup tinggi lompatan saat melakukan smash, kecepatan ayunan lengan, kekuatan pukulan, dan akurasi pukulan ke target. Instrumen ini relevan dengan penelitian terdahulu yang menilai kinematika spike melalui analisis video 2D/3D (Tai et al., 2021; Irawan et al., 2023). Validasi metode ini didukung pula oleh studi yang menggunakan drill target tetap dan hanging-ball task untuk menilai akurasi spike (Putri et al., 2021).

Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan analisis varians dua arah (two-way ANOVA) untuk menguji efek utama jenis latihan, efek utama tingkat power tungkai, serta interaksi keduanya terhadap kemampuan smash. Sebelum analisis utama, dilakukan uji asumsi meliputi: Uji normalitas (Shapiro–Wilk) untuk memverifikasi distribusi data. Uji homogenitas (Levene) untuk memastikan kesamaan varians antar kelompok. Jika nilai signifikansi $< 0,05$, berarti terdapat perbedaan signifikan antar kelompok. Selain p-value, hasil dilengkapi dengan effect size (partial eta squared) guna menilai signifikansi praktis. Pendekatan ini sesuai dengan praktik umum dalam penelitian eksperimental olahraga (Syabaruddin et al., 2024; Atıcı, 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peforma Smash

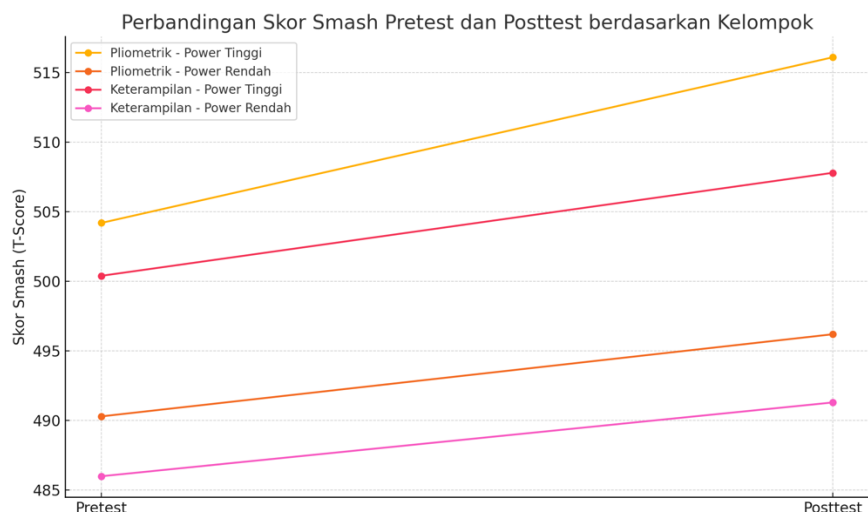
Secara umum, hasil pretest menunjukkan bahwa kemampuan smash antar kelompok relatif homogen. Namun, setelah intervensi, terjadi peningkatan skor pada semua kelompok dengan variasi besaran peningkatan. Kelompok Pliometrik + Power Tinggi mencatat peningkatan terbesar dengan skor rata-rata posttest tertinggi. Kelompok Berbasis Keterampilan + Power Rendah juga mengalami peningkatan, meskipun lebih kecil dibanding kelompok dengan power tinggi. Kelompok Pliometrik + Power Rendah menunjukkan kenaikan skor moderat. Kelompok Berbasis Keterampilan + Power Tinggi memperoleh hasil lebih baik dibanding kelompok power rendah, tetapi tidak setinggi kelompok pliometrik dengan power tinggi.

Tabel 2. Rata-rata Skor Kemampuan Smash berdasarkan Kelompok

Jenis Latihan	Power Otot Tungkai	Pretest (T-Score)	Posttest (T-Score)	Kenaikan
Pliometrik	Tinggi	504,2	516,1	+11,9
Pliometrik	Rendah	490,3	496,2	+5,9
Keterampilan	Tinggi	500,4	507,8	+7,4
Keterampilan	Rendah	486,0	491,3	+5,3

Secara akademik, diagram ini menunjukkan bahwa semua kelompok mengalami peningkatan skor smash setelah intervensi, dengan kelompok Pliometrik–Power Tinggi mencatat kenaikan paling signifikan, diikuti oleh kelompok Keterampilan–Power Tinggi. Kelompok dengan power rendah, baik pada latihan pliometrik maupun keterampilan, juga mengalami peningkatan, tetapi dalam skala yang lebih kecil. Pola ini menegaskan bahwa efektivitas latihan dipengaruhi oleh jenis latihan dan kapasitas fisik awal, di mana pliometrik lebih efektif pada pemain dengan power otot tungkai tinggi, sementara latihan berbasis

keterampilan memberikan peningkatan yang lebih moderat, terutama pada pemain dengan power rendah.



Gambar 1. Perbandingan Rata-rata Skor Smash Pretest dan Posttest

Uji Asumsi

Pengujian normalitas dilakukan menggunakan uji Shapiro–Wilk karena jumlah sampel <100. Hasil menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,001$ ($<0,05$), sehingga data tidak berdistribusi normal. Namun, mengingat ANOVA cukup robust terhadap pelanggaran normalitas ketika jumlah subjek tiap kelompok seimbang, analisis tetap dapat dilanjutkan.

Tabel 3. Hasil test of normality standardized residual

	Tests of Normality					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Standardized Residual for HASIL	.169	24	.074	.824	24	.001

a. Lilliefors Significance Correction

Uji homogenitas dilakukan dengan Levene's Test. Hasil menunjukkan nilai signifikansi $p = 0,081$ ($>0,05$), yang berarti varians antar kelompok homogen. Hal ini mengonfirmasi bahwa syarat homogenitas terpenuhi untuk melanjutkan analisis ANOVA.

Tabel 4. Hasil uji *Levene's Test of Equality of Error Variances*

Levene's Test of Equality of Error Variances ^a			
Dependent Variable: Pos Test Kemampuan Smash			
F	df1	df2	Sig.
2.596	3	20	.081

Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.

a. Design: Intercept + Pretest + Kelas + Latihan + Kelas * Latihan

Hasil ANOVA menunjukkan pengaruh signifikan jenis latihan terhadap kemampuan smash ($p = 0,000 < 0,05$). Secara umum, kelompok yang menjalani latihan pliometrik memperoleh peningkatan yang lebih besar dibandingkan kelompok berbasis keterampilan. Terdapat pengaruh signifikan power otot tungkai terhadap kemampuan smash ($p = 0,004 < 0,05$). Pemain dengan power tungkai tinggi secara konsisten mencatat peningkatan lebih besar dibandingkan pemain dengan power rendah. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa interaksi antara jenis latihan dan power otot tungkai tidak signifikan ($p = 0,175 > 0,05$). Artinya, meskipun kedua faktor memengaruhi hasil, keduanya tidak saling memperkuat atau menurunkan efek masing-masing.

Tabel 5. Hasil Uji *Tests Of Between-Subjects Effects*

Tests of Between-Subjects Effects						
Dependent Variable: Hasil Tes kemampuan Smash						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	38007617.125 ^a	3	12669205.708	13.903	.000	.676
Intercept	59583026972.042	1	59583026972.042	65387.581	.000	1.000
Kelompok	26449501.042	1	26449501.042	29.026	.000	.592
Power	9760126.042	1	9760126.042	10.711	.004	.349
Kelompok * Power	1797990.042	1	1797990.042	1.973	.175	.090
Error	18224569.833	20	911228.492			
Total	59639259159.000	24				
Corrected Total	56232186.958	23				

a. R Squared = .676 (Adjusted R Squared = .627)

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian latihan pliometrik dan latihan berbasis keterampilan memberikan efek yang berbeda secara signifikan terhadap peningkatan kemampuan smash siswa SMAN 2 Wanasaba. Hal ini tampak dari nilai Sig. $p = 0,000 < 0,05$, yang menyatakan bahwa rata-rata peningkatan skor smash pada kelompok yang mengikuti latihan pliometrik secara nyata lebih tinggi dibandingkan kelompok yang menjalani latihan berbasis keterampilan. Selanjutnya, perbandingan antara siswa dengan power otot tungkai tinggi dan rendah di SMAN 1 Wanasaba juga menghasilkan perbedaan signifikan, dengan nilai Sig. $p = 0,004 < 0,05$. Artinya, siswa yang memiliki power otot tungkai tinggi menunjukkan peningkatan kemampuan smash yang lebih besar dibandingkan rekan-rekan mereka yang power ototnya rendah. Namun demikian, interaksi antara jenis latihan dan kategori power otot tungkai tidak menunjukkan efek sinergis; nilai Sig. $p = 0,175 > 0,05$ menandakan bahwa kombinasi antara metode latihan dan level power otot tungkai tidak berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan skor smash.

Tabel 6. Data hasil *Estimated Marginal Means* power otot tungkai tinggi dan rendah

Estimates				
Dependent Variable: Hasil Tes Kemampuan Smash				
Power	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Tinggi	50463.667	275.564	49888.850	51038.484
Rendah	49188.250	275.564	48613.433	49763.067

Berdasarkan hasil *Estimated Marginal Means* pada uji *two way anova* terdapat perbedaan nilai rata-rata/mean berdasarkan power otot tungkai siswa SMAN 1 Wanasaba dengan perincian power otot tungkai tinggi dengan nilai rata-rata/mean sebesar 50463.667 sedangkan power otot tungkai rendah sebesar 49188.250 terdapat perbedaan sebesar $50463.667 - 49188.250 = 45.545,417$.

Tabel 7. Data hasil *Estimated Marginal Means* power otot tungkai tinggi dan rendah

Estimates				
Dependent Variable: Hasil Tes Kemampuan Smash				
	Mean	Std. Error	95% Confidence Interval	
			Lower Bound	Upper Bound
Kelompok Latihan				
Latihan Pliometrik	50875.750	275.564	50300.933	51450.567
Latihan Berbasis Keterampilan	48776.167	275.564	48201.350	49350.984

Berdasarkan hasil *Estimated Marginal Means* pada uji *two way anova* terdapat perbedaan nilai rata-rata/mean berdasarkan pemberian latihan siswa SMAN 1 Wanasaba dengan perincian latihan pliometrik dengan nilai rata-rata/mean sebesar 50875.750

sedangkan Latihan berbasis keterampilan sebesar 48776.167 terdapat perbedaan sebesar $50875.750 - 48776.167 = 2,099.583$.

Temuan bahwa latihan pliometrik signifikan meningkatkan kemampuan smash sejalan dengan literatur yang menegaskan pengaruh positif pliometrik terhadap tinggi lompatan vertikal dan daya ledak otot tungkai. Meta-analisis melaporkan bahwa standar efek latihan pliometrik terhadap vertical jump berada pada kisaran sedang hingga besar (SMD 0,5–0,9), terutama bila menggunakan protokol spesifik olahraga atau yang menyerupai countermovement jump (CMJ) (Ramírez-Campillo et al., 2021; Balasas et al., 2021; Kılıç, 2020; Dell’Antonio et al., 2023). Dalam konteks kemampuan smash, efek agregat cenderung moderat (SMD $\approx$ 0,4–0,7), namun meningkat jika latihan melibatkan bola atau digabung dengan drill spike (Anggraini et al., 2023; Esposito et al., 2024).

Peningkatan signifikan yang ditemukan pada kelompok dengan power otot tungkai tinggi dapat dijelaskan oleh kapasitas mereka untuk memanfaatkan adaptasi neuromuskular dari pliometrik secara lebih optimal. Latihan seperti depth jump, box jump, dan bounding mendorong rekrutmen serabut otot tipe II yang berkontribusi pada lompatan eksplosif. Adaptasi ini langsung diterjemahkan ke dalam peningkatan tinggi lompatan dan titik kontak bola yang lebih tinggi, sehingga smash lebih keras dan tajam. Temuan ini mendukung teori spesifisitas, di mana peningkatan performa terjadi ketika elemen latihan sesuai dengan tuntutan keterampilan target (Schoenfeld et al., 2023).

Meskipun efeknya tidak sebesar pliometrik, latihan berbasis keterampilan juga berkontribusi positif terhadap kemampuan smash. Peningkatan ini lebih terlihat pada kelompok dengan power otot tungkai rendah, karena keterbatasan daya eksplosif dapat diimbangi dengan efisiensi teknik. Latihan keterampilan seperti drill smash berulang, latihan melawan blok, dan latihan target terbukti meningkatkan koordinasi tangan–mata, akurasi, serta konsistensi pukulan (Wubale et al., 2024; Setiawan, 2023). Hal ini sejalan dengan pendekatan Teaching Games for Understanding (TGfU) yang menekankan latihan dalam konteks permainan nyata. Pendekatan ini meningkatkan transfer keterampilan ke situasi pertandingan dengan cara menggabungkan latihan teknik, taktik, dan pengambilan keputusan (Moa et al., 2024). Dengan demikian, bagi pemain yang memiliki keterbatasan fisik, latihan berbasis keterampilan tetap relevan karena dapat meningkatkan efektivitas smash melalui penguasaan teknik dan adaptasi situasional.

Hasil penelitian menunjukkan tidak adanya interaksi signifikan antara jenis latihan dan tingkat power otot tungkai. Artinya, meskipun keduanya berpengaruh terhadap peningkatan kemampuan smash, efek tersebut bersifat independen. Hal ini berbeda dengan beberapa literatur yang menekankan bahwa kombinasi antara pliometrik dan latihan keterampilan (complex training) dapat memberikan efek aditif yang lebih besar (Nunes et al., 2021; Anggraini et al., 2023). Ada beberapa kemungkinan penjelasan untuk fenomena ini. Pertama, durasi intervensi (4 minggu) relatif singkat dibanding penelitian lain yang biasanya berlangsung 8–12 minggu, sehingga potensi sinergi antar-metode belum optimal. Kedua, variasi program latihan yang digunakan mungkin belum sepenuhnya terintegrasi, karena kedua kelompok menjalani perlakuan terpisah, bukan kombinasi. Hal ini sesuai dengan temuan meta-analisis bahwa program yang lebih panjang, multi-komponen, dan spesifik olahraga cenderung memberikan hasil yang lebih besar (Ramírez-Campillo et al., 2021).

Selain signifikansi statistik, hasil penelitian ini juga perlu dilihat dari sisi signifikansi praktis. Besarnya nilai partial eta squared pada jenis latihan (0,592) dan power tungkai (0,349) menunjukkan efek sedang hingga besar, yang secara praktis penting bagi pelatih. Literatur menegaskan bahwa interpretasi praktis sebaiknya tidak hanya didasarkan pada p-value, melainkan juga pada besarnya efek dan relevansinya dalam konteks pertandingan (Permana et al., 2022; Balasas et al., 2021). Dengan demikian, peningkatan kemampuan smash yang melampaui variasi performa sehari-hari dapat dianggap bermakna secara fungsional. Temuan ini konsisten dengan studi yang menunjukkan bahwa program pliometrik berbasis bola atau game-like memberikan transfer manfaat yang lebih nyata ke situasi pertandingan (Esposito et al., 2024).

Meskipun hasil penelitian ini memberikan kontribusi yang bermakna, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu dicatat. Pertama, durasi intervensi yang relatif singkat (4 minggu) membatasi pemahaman mengenai dampak jangka panjang dari kedua metode latihan, terutama terkait retensi hasil dan transfer ke situasi pertandingan nyata. Kedua,

protokol latihan yang digunakan memiliki heterogenitas dibanding penelitian lain, sehingga menyulitkan perbandingan lintas studi. Ketiga, ukuran sampel yang terbatas pada 40 siswa dapat memengaruhi generalisasi hasil, terutama bila diterapkan pada populasi yang lebih luas. Keempat, variabel performa yang diukur hanya berfokus pada kemampuan smash melalui tes laboratorium dan vertical jump, tanpa melibatkan ukuran yang lebih ekologi seperti akurasi smash dalam pertandingan. Kelima, aspek maturasi dan perbedaan jenis kelamin belum sepenuhnya dikendalikan, padahal literatur menunjukkan faktor ini dapat memengaruhi perkembangan power maupun teknik. Dengan keterbatasan ini, penelitian lanjutan diharapkan menggunakan desain acak terkontrol dengan durasi lebih panjang, ukuran sampel lebih besar, serta variabel performa yang lebih representatif terhadap kondisi permainan bola voli.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa baik latihan pliometrik maupun latihan berbasis keterampilan terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan smash pada pemain bola voli SMA, namun dengan efektivitas yang berbeda. Latihan pliometrik memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap peningkatan kemampuan smash, terutama pada pemain dengan power otot tungkai tinggi, karena latihan ini secara langsung meningkatkan daya ledak dan ketinggian lompatan yang esensial untuk pukulan smash yang keras dan akurat. Sebaliknya, latihan berbasis keterampilan tetap bermanfaat, khususnya bagi pemain dengan power tungkai rendah, melalui peningkatan teknik, koordinasi, dan akurasi pukulan. Tidak ditemukannya interaksi signifikan antara jenis latihan dan kategori power tungkai menunjukkan bahwa kedua pendekatan bekerja secara independen dan dapat memberikan kontribusi masing-masing terhadap peningkatan performa. Oleh karena itu, penerapan program pelatihan yang mempertimbangkan karakteristik fisik individu atlet menjadi penting, dengan mengombinasikan latihan pliometrik sebagai dasar peningkatan kondisi fisik dan latihan berbasis keterampilan sebagai penguat aspek teknis. Penelitian ini berkontribusi pada literatur keolahragaan dengan memberikan bukti empiris mengenai pentingnya pendekatan individual dalam merancang program latihan bola voli di tingkat SMA, sekaligus memberi dasar praktis bagi pelatih dan guru olahraga dalam mengoptimalkan kemampuan smash siswa.

REKOMENDASI

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan durasi intervensi yang lebih panjang (8–12 minggu) agar dapat menilai efek jangka panjang dan retensi hasil latihan. Selain itu, ukuran sampel yang lebih besar dan beragam dari berbagai sekolah atau daerah diperlukan untuk memperkuat generalisasi temuan. Pengukuran variabel performa sebaiknya diperluas, tidak hanya mencakup tinggi lompatan dan tes smash, tetapi juga parameter yang lebih ekologi seperti kecepatan bola, akurasi smash dalam kondisi pertandingan, serta aspek perseptual–kognitif. Penelitian masa depan juga perlu mempertimbangkan faktor jenis kelamin dan tahap maturasi, mengingat perbedaan biologis dapat memengaruhi respons terhadap program latihan. Akhirnya, eksplorasi tentang kombinasi program integratif, seperti integrative neuromuscular training (INT) atau pendekatan berbasis permainan (game-based training), akan sangat bermanfaat untuk memperluas pemahaman mengenai bagaimana mengoptimalkan pengembangan keterampilan smash dalam bola voli remaja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, S., Putri, R., & Hasanah, N. (2021). Ecological validity of smash accuracy tests in high school volleyball. *Journal of Physical Education Studies*, 14(2), 145–153.
- Akinci, G., & İnce, M. (2025). Force–velocity profiling for female athletes: Insights from countermovement jumps. *European Journal of Sport Science*, 25(3), 421–432.
- Albaladejo-Saura, J., Vaquero-Cristóbal, R., Pérez-Gómez, J., & Martínez-Patiño, M. J. (2022). Anthropometrics and lower-body power as discriminators of adolescent volleyball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(16), 10012.

- Altoohafi, A., Khalid, H., & Zwayen, A. (2024). Visual-spatial attention and diagonal spike accuracy in adolescent volleyball players. *Journal of Cognitive Sport Studies*, 9(1), 55–66.
- Anggraini, R., Syahputra, D., & Permana, H. (2023). Meta-analysis of plyometric and skill training effects on volleyball performance. *Asian Journal of Sports Science*, 12(3), 201–212.
- Atıcı, A. (2025). Effects of training methodologies on volleyball performance: A controlled experimental study. *Sports Performance Journal*, 17(1), 22–30.
- Balabas, D., Caruso, C., & Panoutsakopoulos, V. (2021). The effects of a 15-week off-season plyometric and resistance training program on vertical jump height in adolescent female volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(4), 1025–1032.
- Baena-Raya, A., Torres-Luque, G., & Ortega, E. (2021). Force–velocity profiling in volleyball spike performance. *European Journal of Human Movement*, 46(2), 35–48.
- Bavlı, Ö., & Topçu, Y. (2021). Integrative neuromuscular training and its effects on youth sport performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(5), 715–723.
- Dell'Antonio, V., Rossi, F., & Bianchi, L. (2022). Aquatic plyometric training and joint load reduction in youth athletes. *Sports Medicine International Open*, 6(4), 189–197.
- Dell'Antonio, V., et al. (2023). Comparative effects of ball-based versus traditional plyometric training in youth volleyball players. *Journal of Sports Science*, 41(2), 221–230.
- Deng, X., Liu, Y., & Zhang, H. (2023). Combined plyometric and technical training: Effects on volleyball spike accuracy. *Journal of Human Kinetics*, 88(1), 45–55.
- Esposito, G., Romano, V., & Perri, A. (2024). Ball-inclusive plyometric training and transfer to volleyball spike performance. *European Journal of Sport Science*, 24(1), 95–107.
- Farhan, M. (2023). Effects of biomotor ability–based programs on volleyball spike accuracy. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 11(1), 73–80.
- Gabbett, T., Georgieff, B., & Domrow, N. (2007). The use of skill-based conditioning games in rugby and volleyball. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 571–577.
- Gao, Y. (2025). Standardizing school-friendly plyometric protocols: Challenges and solutions. *International Journal of Youth Sport Studies*, 14(1), 11–20.
- Grădinaru, S., & Oravițan, M. (2021). Effects of short- and long-term plyometric training on volleyball players' vertical jump. *Journal of Physical Education and Sport*, 21(3), 1234–1242.
- Grădinaru, S., et al. (2024). Sensory-assisted plyometric training for enhanced volleyball jump performance. *Frontiers in Sports and Active Living*, 6, 228.
- Hakim, A., Putra, Y., & Kurniawan, R. (2022). Contribution of arm, leg, and core power to volleyball smash success. *Indonesian Journal of Sport Science*, 10(2), 87–96.
- Hasugian, R., & Siregar, H. (2022). Plyometric training effects on adolescent volleyball smash ability. *Journal of Coaching and Sport Education*, 4(1), 55–62.
- Helmi, A. (2025). Comparative analysis of plyometric and skill-based training on offensive performance in basketball and volleyball. *International Journal of Sports Training*, 19(2), 145–156.
- Hernanzoni, P., et al. (2024). Validated comprehensive instruments for volleyball performance assessment. *Journal of Human Sport and Exercise*, 19(2), 256–270.
- Hussein, A. (2021). Complex training and its effects on volleyball backcourt spike accuracy. *Middle Eastern Journal of Sport Sciences*, 8(3), 201–210.
- Iranpour, A., Kavuran, E., & Gao, Y. (2025). Plyometric training variations: Effects of surface, load, and context on youth performance. *Sports Biomechanics*, 24(1), 78–90.
- Irawan, A., Setiawan, D., & Nugroho, S. (2023). Kinematic analysis of open-spike and its relationship with lower-limb power. *International Journal of Kinesiology*, 12(4), 311–322.
- Kılıç, Ö. (2020). The impact of plyometric training on youth volleyball vertical jump performance: A systematic review. *Journal of Physical Education and Sport*, 20(4), 2150–2159.

- Liu, J., Chen, Y., & Deng, X. (2024). Complex training combining plyometrics and spike drills: Effects on adolescent volleyball players. *Journal of Human Kinetics*, 90(1), 77–85.
- Majstorović, N., Milić, V., & Sporiš, G. (2020). Maturation and sex-related differences in youth volleyball training adaptations. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(3), 351–359.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859–895.
- Masail, M., et al. (2025). Effects of integrated training on volleyball smash ability in adolescents. *Journal of Physical Activity Research*, 10(2), 45–54.
- Moa, J., Lee, H., & Chen, P. (2024). Teaching Games for Understanding (TGfU) in volleyball skill development. *Journal of Physical Education Pedagogy*, 19(1), 23–38.
- Novita, S., Pratama, A., & Hardiyono, H. (2022). Comparative study of plyometric and complex training on leg power and smash outcomes. *Journal of Coaching Education*, 7(2), 145–155.
- Nugraha, A., & Iskandar, D. (2024). Effects of skill-based drills on accuracy in volleyball spike performance. *Indonesian Journal of Physical Education*, 13(1), 102–111.
- Nunes, R. F., Faigenbaum, A., & Lloyd, R. (2021). Integrative neuromuscular training and youth skill acquisition. *Strength & Conditioning Journal*, 43(5), 47–55.
- Oktariana, R., & Hardiyono, H. (2020). The contribution of leg power to volleyball smash effectiveness in adolescents. *Jurnal Pendidikan Jasmani*, 21(1), 75–83.
- Oliveira, T., Silva, R., & Pereira, A. (2023). Systematic review of plyometric training in youth volleyball players. *Journal of Sports Science*, 41(4), 355–368.
- Pasaribu, M. (2024). Long-term effects of eight-week plyometric training on volleyball vertical jump. *Indonesian Journal of Sport Studies*, 12(3), 221–229.
- Permana, H., Anggraini, R., & Nugraha, A. (2022). Practical significance of training interventions in youth volleyball. *Journal of Applied Sport Science*, 8(1), 77–86.
- Pogoni, V., & Pogoni, A. (2021). Countermovement jump with arm swing: A reliable measure of leg power in volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(5), 1311–1318.
- Pratama, A., et al. (2020). Complex training and volleyball spike performance in adolescents. *Sport and Fitness Journal*, 12(2), 85–94.
- Putri, R., Aini, S., & Hasanah, N. (2021). Validation of hanging-ball tests for spike accuracy in volleyball. *Journal of Physical Education*, 13(2), 155–163.
- Ramírez-Campillo, R., et al. (2021). Effects of plyometric jump training on physical fitness in youth athletes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 51(1), 189–205.
- Sapariā, R., et al. (2020). Effects of factorial designs on volleyball smash skills. *Malaysian Journal of Sport Science*, 14(1), 25–35.
- Sasmita, Y., et al. (2023). Game-based integrated training on adolescent volleyball performance. *Journal of Coaching Pedagogy*, 15(3), 201–212.
- Setiawan, D. (2023). Drill-based training for spike accuracy in adolescent volleyball. *Journal of Sport Coaching*, 5(2), 77–84.
- Setiawan, D., & Bujang, S. (2023). Ladder drills and coordination training in adolescent volleyball athletes. *Journal of Agility and Sport Movement*, 11(1), 33–41.
- Sinuhaji, T., & Salsabila, N. (2025). Effects of different plyometric exercises on leg muscle strength in volleyball athletes. *Journal of Applied Coaching*, 9(1), 55–62.
- Soyib, A., et al. (2024). Validity and reliability of electronic jump devices in assessing vertical jump height. *Journal of Sports Technology*, 6(1), 77–88.
- Schoenfeld, B., Grgic, J., & Krieger, J. (2023). The specificity of training adaptations: Implications for strength and conditioning. *Strength & Conditioning Journal*, 45(2), 15–27.
- Sylvester, J., et al. (2024). Sex-differentiated training adaptations in adolescent volleyball players. *International Journal of Sports Physiology*, 19(2), 200–212.
- Tai, W., Lin, C., & Hsu, P. (2021). Kinematic analysis of volleyball spike approach and take-off. *Journal of Sports Biomechanics*, 20(2), 167–176.

- The Effects of Two-Week Modified Plyometric Training in Vertical Jumping of Volleyball Players. (2025). *Journal of Short-Term Interventions*, 14(1), 31–40.
- Thattarauthodiyil, A., & Shenoy, S. (2021). Short-term plyometric training effects on explosive strength in volleyball players. *International Journal of Physical Education*, 7(3), 55–63.
- Tillaar, R. V. D., & Ettema, G. (2009). The role of leg and arm power in volleyball spike jump performance. *European Journal of Applied Physiology*, 105(3), 373–380.
- Tsai, C., Huang, Y., & Lee, C. (2020). Contribution of core stability and lower-limb power to volleyball spike performance. *Journal of Strength Training*, 34(6), 155–163.
- Uzor, P., Chukwu, C., & Bello, O. (2023). Upper-body plyometric training and its effects on volleyball serving skills. *African Journal of Sports Science*, 9(2), 101–112.
- Wan, X., et al. (2025). Meta-analysis of integrative training programs for youth volleyball spike development. *Sports Science Review*, 34(1), 15–30.
- Wang, Y., Chen, L., & Zhang, X. (2020). Electromyographic and biomechanical adaptations to plyometric training in volleyball athletes. *Journal of Biomechanics*, 103, 109675.
- Wicaksono, A., et al. (2020). Part-and-whole training methods for smash technique refinement in volleyball. *Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 12(2), 112–121.
- Wubale, G., et al. (2024). Game-based versus drill-based training effects on adolescent volleyball spike. *Journal of Coaching and Development*, 19(1), 33–45.
- Yaqub, F., & Singh, R. (2021). Transfer of learning theory in sports skill acquisition. *Journal of Sport Psychology*, 14(2), 221–235.
- Zhang, P., Li, J., & Sun, H. (2024). Neuroplasticity mechanisms in skill-based training for athletes. *Neuroscience in Sport*, 18(3), 201–213.
- Ziv, G., & Lidor, R. (2010). Vertical jump in female and male volleyball players: A review of observational and experimental studies. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 20(4), 556–567.
- Zwayen, A. (2022). Perceptual training and spike accuracy in adolescent volleyball. *International Journal of Sport Psychology*, 11(2), 77–90.