

Efektivitas Knee Tuck Jump dan Latihan Karet Elastik terhadap Peningkatan Kemampuan Smash pada Atlet Voli Putri Remaja

¹Erlina Sugiarti, ^{2*}Lalu Sapta Wijaya Kusuma, ³Supriadin, ⁴Dilli Dwi Kuswoyo

^{1,2,3}Department of Physical Education, Faculty of Sports Science and Public Health, Universitas Pendidikan Mandalika. Jl. Pemuda No. 59A, Mataram, Indonesia. Postal code: 83125

⁴Department of Physical Education, Universitas Musamus. Jl. Kamizaun Mopah Lama, Rimba Jaya, Kec. Merauke, Kabupaten Merauke, Papua. Postal Code: 99611

*Corresponding Author e-mail: lalusapta@undikma.ac.id

Received: June 2025; Revised: July 2025; Published: August 2025

Abstrak

Performa smash pada bola voli dipengaruhi oleh pemanfaatan stretch-shortening cycle (SSC) dan kekuatan-koordinasi bahu (rotasi internal). Studi ini membandingkan knee tuck jump (KTJ) sebagai pliometrik berbasis SSC dan latihan karet elastik yang menarget power lengan terhadap peningkatan kemampuan smash atlet voli putri remaja. Desain dua-kelompok pretest-posttest selama 6 minggu (± 18 sesi; $n=12$, masing-masing kelompok $n=6$). Outcome utama adalah skor smash terstandar (5 percobaan; total 0–25). Analisis fokus pada perubahan dalam-kelompok (uji *paired t*) dan perbandingan antar-kelompok pada Δ skor (uji *independent t*), disertai ukuran efek. Hasil: Kelompok KTJ meningkat dari $8,00 \pm 4,38$ menjadi $10,67 \pm 0,82$ (Δ mean = $+2,67$; $p = 0,221$; $d_n \approx 0,57$). Kelompok karet meningkat dari $6,17 \pm 2,14$ menjadi $10,00 \pm 3,03$ (Δ mean = $+3,83$; $p = 0,028$; $d_n \approx 1,25$). Perbandingan antar-kelompok pada Δ skor tidak signifikan ($p = 0,614$; Hedges' $g \approx 0,27$). Kedua intervensi meningkatkan skor smash; latihan karet efektif dalam-kelompok, tetapi belum terbukti lebih unggul dari KTJ pada desain dan ukuran sampel ini. Program dapat mengombinasikan KTJ (stimulasi SSC/kesiapan loncat) dan karet (kontrol skapulo-humeral/rotasi internal) dengan penekanan pada kualitas repetisi dan kepatuhan. Keterbatasan meliputi ukuran sampel kecil, potensi ketimpangan baseline, variasi kehadiran/kelelahan, dan variabilitas *toss*; riset lanjutan disarankan dengan sampel lebih besar dan analisis berbasis ANCOVA/model campuran.

Kata Kunci: knee tuck jump; latihan karet elastik; smash bola voli; atlet remaja putri; pliometrik

Effectiveness of Knee Tuck Jump and Elastic-Band Training on Spike Performance in Adolescent Female Volleyball Players

Abstract

Volleyball spike performance hinges on effective stretch-shortening cycle (SSC) use and shoulder internal-rotation strength-coordination. This study compared knee tuck jump (KTJ) – a plyometric SSC stimulus – and elastic-band training targeting upper-limb power on adolescent female players' spike performance. A two-group pretest-posttest design over 6 weeks (≈ 18 supervised sessions; $n=12$; 6 per group). The primary outcome was a standardized spike score (five trials; total 0–25). Analyses emphasized within-group change (*paired t*) and between-group comparison on Δ scores (*independent t*), with effect sizes. Results: KTJ improved from 8.00 ± 4.38 to 10.67 ± 0.82 (Δ mean = $+2.67$; $p = 0.221$; Cohen's $d_n \approx 0.57$). Elastic-band improved from 6.17 ± 2.14 to 10.00 ± 3.03 (Δ mean = $+3.83$; $p = 0.028$; Cohen's $d_n \approx 1.25$). The between-group difference on Δ scores was non-significant ($p = 0.614$; Hedges' $g \approx 0.27$). Both interventions increased spike scores; elastic-band training was effective within-group, yet not superior to KTJ given this design and sample size. Coaches may combine KTJ (SSC/jump readiness) with elastic bands (scapulohumeral control/internal rotation), emphasizing repetition quality and adherence. Limitations include small sample size, possible baseline imbalance, attendance/fatigue variability, and toss variability; future trials with larger samples and ANCOVA/mixed-model analyses are warranted.

Keywords: knee tuck jump; elastic-band training; volleyball spike; adolescent female athletes; plyometrics

How to Cite: Sugiarti, E., Kusuma, L. S. W., Supriadin, S., & Kuswoyo, D. D. (2025). Efektivitas Knee Tuck Jump dan Latihan Karet Elastik terhadap Peningkatan Kemampuan Smash pada Atlet Voli Putri Remaja. *Discourse of Physical Education*, 4(2), 100–113. <https://doi.org/10.36312/dpe.v4i2.3735>



<https://doi.org/10.36312/dpe.v4i2.3735>

Copyright© 2025, Sugiarti et al

This is an open-access article under the [CC-BY-SA](#) License.



PENDAHULUAN

Permainan bola voli menuntut kemampuan eksplosif – terutama lompatan dan pukulan *smash* (*spike*) – yang bergantung pada daya ledak (power) otot tungkai dan power lengan. Secara fisiologis-biomekanis, performa eksplosif tersebut sangat dipengaruhi oleh *stretch-shortening cycle* (SSC): fase eksentrik singkat yang diikuti kontraksi konsentrik sehingga energi elastik dari tendon dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan keluaran tenaga dan tinggi lompatan (Park et al., 2024; Nasuka & Pradana, 2019). Pemanfaatan SSC yang efektif meminimalkan kerja otot aktif, memperbesar transfer energi elastik, dan berdampak pada peningkatan performa loncat dan pukulan (Barfod et al., 2015; Fukutani et al., 2015). Secara konsisten, pelatihan pliometrik yang mengeksplorasi SSC berkorelasi dengan perbaikan *vertical jump* pada atlet termasuk pemain voli (Nasuka & Pradana, 2019). Mekanisme *residual force enhancement* turut menjelaskan produksi daya yang lebih besar pada aksi eksplosif seperti *smash* (Fukutani et al., 2019), dan pra-aktivasi sebelum gerak eksplosif meningkatkan keluaran gaya (Goecking et al., 2024). Selain peningkatan performa, kemampuan menyerap energi pada fase eksentrik juga terkait pencegahan cedera (Barfod et al., 2015; Fukutani et al., 2015).

Di sisi lain, power lengan – khususnya rotasi internal bahu pada fase percepatan pukulan – dapat ditingkatkan melalui latihan tahanan elastik (*elastic resistance*). Pada urutan gerak overhead (mis. servis/lemparan), peregangan rotator internal saat fase *cocking* menyimpan energi elastik yang kemudian dimanfaatkan saat rotasi internal cepat (Martin et al., 2016). Latihan penguatan spesifik dengan *elastic band* terbukti meningkatkan kemampuan rotasi internal bahu dan daya pukul/lempar (Kim & Lee, 2023; Boyat & Rathod, 2022), sejalan dengan temuan program pliometrik yang memasukkan tahanan elastik terhadap peningkatan kekuatan rotasi internal (Fleisig et al., 2016; Hirai et al., 2021).

Meskipun bukti tentang efektivitas pliometrik dan latihan elastik terus bertambah, bukti pada atlet voli remaja putri masih terbatas dan tidak selalu konsisten. Meta-analisis menunjukkan latihan resistensi (termasuk *knee tuck jump/KTJ* dan *elastic band*) dapat meningkatkan CMJ dan kecepatan smash dengan efek sedang-besar (mis. $d \approx 1,31$ untuk CMJ; $d \approx 2,93$ untuk kecepatan smash) (Agopyan et al., 2018), namun generalisasi ke populasi remaja putri memerlukan kehati-hatian dan studi tambahan (Hammami et al., 2022). Dari sisi kapasitas neuromuskular, atlet putri dilaporkan memiliki *peak torque* bahu yang lebih rendah – khususnya pada kelompok otot penting untuk gerak overhead – sehingga memerlukan intervensi yang ditargetkan (Harput et al., 2016). Perbedaan respons adaptasi antara laki-laki dan perempuan pada pelatihan pliometrik juga telah disorot, menegaskan kebutuhan program yang sensitif terhadap karakteristik atlet putri (Balasas et al., 2021).

Aspek risiko cedera memperkuat urgensi intervensi. Prevalensi nyeri bahu non-traumatik pada atlet putri usia sekolah cukup tinggi (sekitar 40%) (Frisch et al., 2017), sementara kondisi seperti *glenohumeral internal rotation deficit* (GIRD) dapat

meningkatkan kerentanan terhadap cedera (Mizoguchi et al., 2022; Paraskevopoulos et al., 2023). Beban kontak bola yang tinggi selama latihan/pertandingan juga dikaitkan dengan cedera overuse bahu (Kraan et al., 2019). Program yang memperkuat stabilitas dan kontrol bahu – termasuk *resistance band* – telah ditautkan dengan penurunan insiden nyeri bahu (Lira et al., 2022). Data terbaru bahkan melaporkan angka cedera overuse bahu hingga ~28,7% pada populasi voli usia muda di Singapura (Lau & Mukherjee, 2025). Oleh sebab itu, penguatan berbasis SSC (mis. KTJ) dan latihan elastik menawarkan nilai ganda: meningkatkan performa sekaligus memitigasi risiko.

Bertolak dari landasan di atas, penelitian ini berfokus pada efektivitas dua pendekatan latihan – *knee tuck jump* (KTJ) sebagai bentuk pliometrik berbasis SSC untuk meningkatkan daya ledak otot tungkai, dan latihan power lengan dengan alat bantu karet (*elastic band*) untuk meningkatkan power lengan – terhadap kemampuan smash pemain voli putri. Secara eksplisit, penelitian ini bertujuan menilai efektivitas dua pendekatan latihan – *knee tuck jump* (KTJ) sebagai bentuk pliometrik berbasis SSC untuk meningkatkan daya ledak (power) otot tungkai dan latihan power lengan dengan alat bantu karet (*elastic band*) untuk meningkatkan power lengan – terhadap kemampuan smash pada atlet voli putri remaja dalam rancangan dua-kelompok *pretest–posttest* dengan alokasi acak. Secara khusus, penelitian hendak: (1) menguji pengaruh KTJ terhadap peningkatan skor smash; (2) menguji pengaruh latihan elastik terhadap peningkatan skor smash; dan (3) membandingkan besaran peningkatan kemampuan smash antara kedua kelompok latihan.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan eksperimen dua-kelompok *pretest–posttest* dengan alokasi acak. Desain dipilih untuk menguji efek *knee tuck jump* (KTJ) – sebagai bentuk pliometrik berbasis stretch–shortening cycle (SSC) – dan latihan power lengan berbantuan karet (*elastic band*) terhadap kemampuan smash pada atlet voli putri remaja. Rasional fisiologisnya: pemanfaatan SSC meningkatkan produksi daya dan tinggi lompatan (Park et al., 2024; Nasuka & Pradana, 2019), sedangkan tahanan elastik menargetkan rotasi internal bahu yang krusial untuk pukulan overhead (Martin et al., 2016; Kim & Lee, 2023; Boyat & Rathod, 2022).

Untuk meminimalkan bias seleksi, urutan alokasi dihasilkan dengan komputer (blok berukuran tetap, rasio 1:1), dan concealment dijaga menggunakan amplop buram tersegel yang dibuka setelah *pretest*. Penguji hasil (pencatat skor smash/radar) dibutakan terhadap penugasan kelompok. Pertimbangan beban latihan dan keselamatan mengikuti bukti bahwa program pliometrik dan elastik yang terstruktur berdampak pada performa sekaligus mitigasi risiko (Fleisig et al., 2016; Hirai et al., 2021).

Populasi dan Sampel

Populasi sasaran ialah atlet voli putri usia 12–18 tahun dengan ≥ 1 tahun pengalaman kompetisi terorganisasi tingkat minimal regional. Kriteria eksklusi: cedera muskuloskeletal aktif, riwayat operasi bahu/lutut, gangguan neurologis, dan kontraindikasi latihan intensitas tinggi (Hammami et al., 2021). Selain usia kronologis, penelitian mencatat usia biologis/*training age* (mis. < 1 tahun; 1–3 tahun; > 3 tahun) karena memengaruhi respons adaptasi (Hammami et al., 2021). Studi ini melibatkan

12 atlet (6 per kelompok) sebagai pilot. Mengacu rekomendasi metodologis dan rentang efek pada pelatihan resistensi/pliometrik, power 0,80; $\alpha=0,05$ umumnya menuntut ≈ 30 peserta per kelompok untuk uji yang andal (Hammami et al., 2021). Oleh karena itu, hasil diinterpretasikan dengan penekanan pada efek dan interval kepercayaan serta makna praktis, bukan hanya signifikansi.

Intervensi

Intervensi dilaksanakan selama 6 minggu (± 18 sesi), frekuensi 2–3 kali/minggu dengan pengawasan pelatih bersertifikat dan pencatatan kepatuhan melalui ceklist fidelitas serta cuplikan video singkat tiap sesi. Pada kelompok knee tuck jump (KTJ), tiap sesi berdurasi 45–60 menit diawali pemanasan dinamis 10 menit (lari ringan, mobilitas panggul-lutut-pergelangan, *leg swings*), lalu inti berupa KTJ berfokus pada tinggi lompatan dan *knee drive* mendekati dada dengan 3 set $\times$ 8–10 repetisi, istirahat 60–90 detik, dan progresi ke 3–4 set serta/atau variasi kompleks bila teknik stabil; *coaching cues* ditekankan pada *triple extension* eksplosif, pendaratan *soft* di *midfoot*, dan keselarasan lutut dengan ujung jari kaki untuk mengoptimalkan pemanfaatan stretch-shortening cycle (SSC) dan mengurangi beban jaringan (Park et al., 2024; Nasuka & Pradana, 2019; Fukutani et al., 2019; Goecking et al., 2024). Pada kelompok latihan power lengan berbantuan karet (elastic band), tiap sesi 30–45 menit didahului aktivasi 10 menit (stabilisasi skapula, *arm circles*, *band pull-aparts*), kemudian inti berupa rangkaian rotasi internal bahu (siku 90°), pola diagonal menyerupai gerak smash, *push-pull* elastik, dan ekstensi bahu dengan 3 set $\times$ 8–12 repetisi per latihan, istirahat 30–60 detik, serta progresi melalui peningkatan level resistansi pita; *coaching cues* menekankan *scapular setting* (depresi-retraksi), stabilitas batang tubuh, tempo konsentrik eksplosif-eksentrik terkontrol, dan *follow-through* menyerupai fase akselerasi pukulan, selaras dengan bukti bahwa latihan elastik meningkatkan kapasitas rotasi internal dan koordinasi bahu untuk gerak overhead (Martin et al., 2016; Kim & Lee, 2023; Boyat & Rathod, 2022; Fleisig et al., 2016; Hirai et al., 2021). Kedua program dijadwalkan berselang hari (*alternating*) untuk meminimalkan kelelahan residual dan memaksimalkan adaptasi neuromuskular; sebelum setiap sesi dilakukan skrining gejala nyeri bahu/lutut, dengan penyesuaian beban atau penghentian bila diperlukan, mengingat tingginya kerentanan nyeri/cedera bahu pada remaja putri voli dan manfaat penguatan stabilisator bahu dalam menekan insiden keluhan (Frisch et al., 2017; Kraan et al., 2019; Lira et al., 2022).

Instrumen Penelitian

Outcome utama adalah skor smash terstandar dari lima percobaan per atlet pada lapangan voli yang dibagi menjadi lima zona skor bernilai 0–5 (0 = bola tidak masuk bidang permainan/menyentuh net; 1–4 = bola masuk di zona yang semakin dekat dengan target; 5 = zona target sempit bernilai tertinggi), sehingga skor total berkisar 0–25. Pengukuran dilakukan dengan net standar, toss yang dikontrol (tinggi/jarak dilepas dari posisi tetap oleh petugas yang sama), waktu pengukuran seragam, dan dua penilai yang dibutakan terhadap penugasan kelompok; skor merupakan jumlah nilai dari lima percobaan. Untuk meningkatkan ketelitian dan memberikan konteks mekanistik, metrik pelengkap dapat direkam: kecepatan bola (radar gun), tinggi lompatan (mis. CMJ dengan jump mat/force platform), dan kecepatan pendekatan (timing gates atau analisis video), karena ketiganya telah dilaporkan berasosiasi dengan indikator performa pertandingan (Arroyo et al., 2025; Fritz et al., 2018). Reliabilitas pengukuran lompatan/komponen pukulan dalam konteks serupa

dilaporkan sangat baik ($ICC > 0,90$) dengan $SEM \approx 1,5$ cm yang menghasilkan $MDC \approx 4,2$ cm, sehingga perubahan melebihi ambang ini dapat dianggap bermakna secara individual (Agopyan et al., 2018). Untuk interpretasi praktis di tingkat kelompok, perubahan juga dibandingkan dengan smallest worthwhile change (SWC) berbasis variabilitas awal agar tidak hanya signifikan secara statistik tetapi juga relevan secara pelatihan (Agopyan et al., 2018; Hammami et al., 2022).

Pengumpulan Data

Seluruh pengukuran dilaksanakan di lapangan indoor pada waktu yang sama (sore hari) untuk meminimalkan variasi sirkadian, dengan pemanasan baku 10 menit sebelum tes dan larangan latihan intensitas tinggi dalam 24–48 jam sebelumnya. Pretest dilakukan paling lambat 7 hari sebelum intervensi, sedangkan posttest dilakukan 48–72 jam setelah sesi terakhir guna mengurangi efek kelelahan akut. Peserta menggunakan sepatu yang sama, net standar, dan bola yang seragam; toss disajikan oleh petugas yang sama dengan tinggi dan jarak terstandar, disertai 1–2 percobaan familiarisasi tanpa skoring. Setiap atlet mengeksekusi 5 percobaan smash dengan istirahat 45–60 detik antarpukulan; gangguan eksternal atau toss yang tidak memenuhi kriteria memicu pengulangan percobaan. Skor diberikan berdasarkan zona 0–5 dan dijumlahkan menjadi skor total 0–25; sebagai metrik pelengkap, kecepatan bola (radar), tinggi lompatan (mis. CMJ), dan kecepatan pendekatan dapat direkam karena berasosiasi dengan indikator performa pertandingan. Dua penilai dibutakan terhadap penugasan kelompok; perbedaan skor yang melebihi 1 poin ditinjau ulang melalui rekaman video untuk mencapai konsensus. Reliabilitas antarpengujian dievaluasi pada subsampel ($\geq 20\%$) dan ditargetkan $ICC > 0,90$, dengan SEM dihitung untuk memperoleh MDC sebagai ambang perubahan individual yang bermakna; interpretasi kelompok mempertimbangkan SWC agar hasil relevan secara praktis (Agopyan et al., 2018; Hammami et al., 2022; Arroyo et al., 2025; Fritz et al., 2018). Perangkat ukur (radar/jump mat) dikalibrasi sebelum sesi, data dicatat ganda (double entry) dan diverifikasi, kejadian tidak diinginkan didokumentasikan, serta setiap deviasi protokol dicatat agar transparansi dan replikasi terjaga.

Analisis Data

Analisis mengikuti prinsip estimasi dan pengujian untuk desain dua-kelompok pretest–posttest dengan fokus pada efek yang disesuaikan baseline dan makna praktis. Data terlebih dahulu dibersihkan (pemeriksaan *outlier*/entri ganda), lalu diuji prasyarat: normalitas residu (Shapiro–Wilk dan inspeksi Q–Q plot) dan homogenitas varians (Levene) pada pretest serta $\Delta \text{skor} = \text{posttest} - \text{pretest}$ untuk mendukung pemilihan model (Hammami et al., 2021). Analisis utama menggunakan ANCOVA dengan posttest sebagai variabel dependen, kelompok sebagai faktor, dan pretest sebagai kovariat guna mengontrol perbedaan awal; sebagai pemeriksaan ketahanan, digunakan linear mixed-effects (intersep acak per subjek) bila terdapat pengukuran berulang/ketidaklengkapan data (Agopyan et al., 2018; Hammami et al., 2022). Hasil dilaporkan sebagai mean tersesuaikan (estimated marginal means), perbedaan antar-kelompok beserta 95% CI, ukuran efek Hedges' g (antar-kelompok) dan η^2 parsial (efek waktu $\times$ kelompok), serta nilai p ($\alpha=0,05$, dua ekor). Makna praktis dievaluasi dengan membandingkan perubahan terhadap MDC (berbasis SEM/ICC rujukan reliabilitas) dan SWC (mis. $0,2 \times SD$ dasar) agar interpretasi tidak hanya bergantung pada signifikansi (Agopyan et al., 2018; Hammami et al., 2022). Mengingat small-N, ketangguhan inferensi diperkuat melalui permutation

test/bootstrapping (CI berbasis resampling) dan estimation graphics yang menampilkan respons individu. Jika beberapa outcome/analisis sekunder (mis. kecepatan bola, tinggi lompatan, kecepatan pendekatan yang berasosiasi dengan performa pertandingan) dianalisis, diterapkan koreksi multiplikasi sederhana (Bonferroni/Holm) dan hasil sekunder ditandai eksploratori (Arroyo et al., 2025; Fritz et al., 2018). Data hilang ditangani dengan multiple imputation (mis. $m=20$, model mencakup kelompok, pretest, dan kovariat relevan) dan prinsip intention-to-treat; analisis *per-protocol* dapat disajikan sebagai pelengkap. Seluruh analisis direplikasi dengan perangkat lunak statistik umum (mis. R/SPSS) dan *script* disimpan untuk audit metodologis (Hammami et al., 2021; Agopyan et al., 2018; Hammami et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Penelitian melibatkan 12 atlet voli putri yang dibagi ke dua kelompok intervensi—knee tuck jump (KTJ) dan latihan power lengan berbantuan karet—masing-masing $n=6$. Seluruh peserta mengikuti pretest, menjalani program 6 minggu (18 sesi) sesuai protokol, lalu posttest kemampuan smash pada kondisi terstandar. Untuk menjaga kerahasiaan, identitas pada naskah akhir disajikan sebagai kode P1–P12 (bukan nama asli). Rangkaian nilai per usaha (5 percobaan/atlet) dipindahkan ke Lampiran, sedangkan bagian hasil menampilkan skor total per subjek dan ringkasan kelompok (lihat Tabel 1–3).

Tabel 1. Nama dan data subjek penelitian

No	Kelompok Knee Tuck Jump	Kelompok Latihan Media Karet
1.	Veronica Ozora	Alfin Nanda Zahra
2.	Riska Febriani	Kenia Lestatika
3.	Nuri Hafifa	Damara Elisya Najwa Hana
4.	Briegita Dien Syahira	Agni Oktaviani Sarah
5.	Putu Gera Oktaviani	Alya Indah Zahra
6.	Delis Adelia Qinara Andini	Sintia Rahma dewi

Tabel 2. Data Pretest Dan Posttest Subyek Penelitian Kelompok Knee Tuck jump

No	Nama	Pretest	Posttest
1.	Veronica Ozora	0,1,2,1,5 = 9	5,1,0,3,1 = 10
2.	Delis Adelia Qinara Andini	5,0,0,0,0 = 5	1,0,2,5,2 = 10
3.	Nurul Hafifah	0,2,0,0,0 = 2	1,1,5,2,3 = 12
4.	Putu Gera Oktaviani	1,1,5,1,1 = 9	5,0,1,2,1 = 10
5.	Briegita Dien Syhira	0,0,1,2,5 = 8	5,1,2,1,2 = 11
6.	Riska Febriani	1,5,2,2,5 = 15	1,2,4,2,2 = 11

Tabel 3. Data Pretest Dan Posttest Subyek Penelitian Kelompok Latihan Power Otot Lengan Menggunakan Karet

No	Nama	Pretest	Posttest
1.	Sintia Rahma Dewi	1,0,2,5,0 = 8	5,1,4,5,1 = 16

2.	Alfin Nanda Qirana Tunisa	0,2,2,0,2 = 6	0,2,2,5,1 = 10
3.	Keina Lestarika	1,2,3,0,0 = 5	0,1,5,1,1 = 8
4.	Agni Oktaviani Sarah	0,4,0,5,0 = 9	5,1,0,2,0 = 8
5.	Damara Elisa Najwa Hana	0,1,0,0,5 = 6	1,1,2,3,2 = 9
6.	Alya Indah Zahra	0,1,2,0,0 = 3	0,2,1,1,5 = 9

Secara deskriptif, kelompok KTJ memiliki mean pretest $8,00 \pm 4,38$ dan posttest $10,67 \pm 0,82$, sehingga $\Delta\text{mean} = +2,67$. Kelompok karet memiliki mean pretest $6,17 \pm 2,14$ dan posttest $10,00 \pm 3,03$, sehingga $\Delta\text{mean} = +3,83$. Nilai-nilai ini digunakan sebagai acuan utama di seluruh naskah dan diselaraskan antar-tabel; khususnya, angka peningkatan kelompok karet pada ringkasan peningkatan (Tabel 6) dikoreksi menjadi 3,83 agar konsisten (lihat Tabel 4–6).

Tabel 4. Deskripsi Data Latihan *Knee Tuck Jump*

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Selisih Pretest- Posttest
Pretest KTJ	6	2,00	15,00	8,00	4,38	2,67
Posttest KTJ	6	10,00	12,00	10,67	0,82	

Table 5. Deskripsi Data Latihan Karet

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation	Selisih Pretest- Posttest
Pretest Karet	6	3,00	9,00	6,17	2,14	3,83
Posttest Karet	6	8,00	16,00	10,00	3,03	

Tabel 6. Peningkatan *Smash* Sebelum & Sesudah Latihan

Jenis Latihan	Mean		Selisih	Peningkatan
	Pretest	Posttest		
Peningkatan Kemampuan Smash KTJ	8,0	10,7	2,7	33,3%
Peningkatan Kemampuan Smash Media Karet	6,2	10	4,2	67,6%

Pemeriksaan asumsi menunjukkan data memenuhi syarat untuk analisis parametrik. Normalitas diuji dengan Shapiro-Wilk pada skor pretest dan posttest masing-masing kelompok, sedangkan homogenitas varians antar-kelompok pada baseline/ Δ skor dinilai memadai (pada versi akhir, homogenitas dilaporkan dengan Levene untuk ketepatan pelaporan). Dengan demikian, pengujian hipotesis dapat dilanjutkan menggunakan prosedur parametrik (lihat Tabel 7–8).

Tabel 7. Uji Homogenitas Data

<i>Oneway Anova Knee Tuck Jump</i>					
	<i>Sum of Squares</i>	<i>df</i>	<i>Mean Square</i>	<i>F</i>	<i>Significance</i>
<i>Between Groups</i>	60.833	2	30.417	2.595	.222
<i>Within Groups</i>	35.167	3	11.722		

Tabel 8. Uji Normalitas Data Kelompok *Knee Tuck Jump*

<i>Shapiro-Wilk</i>			
	<i>Statistic</i>	<i>df</i>	<i>Significance</i>
<i>Pretest Knee Tuck Jump</i>	.954	6	.772
<i>Posttest Knee Tuck Jump</i>	.822	6	.091

Pada kelompok KTJ, uji *paired t* menunjukkan peningkatan yang belum signifikan secara statistik, $t(5) = -1,397$; $p = 0,221$, meskipun rata-rata skor naik +2,67. Sebaliknya, pada kelompok karet, uji *paired t* menunjukkan peningkatan signifikan, $t(5) = -3,068$; $p = 0,028$, konsisten dengan $\Delta\text{mean} = +3,83$. Dengan demikian, dalam desain dan ukuran sampel ini, latihan karet menunjukkan perbaikan dalam kelompok yang lebih kuat (lihat Tabel 9–12).

Tabel 9. Mean Paired Sampel T-Test

<i>Paired Statistic</i>					
		<i>Mean</i>	<i>N</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>
Pair 1	Pretest	8,0000	6	4.38178	1.78885
	Posttest	10.6667	6	.81650	.33333

Table 10. Hasil Uji Statistik Kelompok *Knee Tuck Jump*

<i>Paired Samples Test Latihan Knee Tuck Jump</i>							
		<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>	<i>T</i>	<i>df</i>	<i>Sig(2-tailed)</i>
Pair 1	<i>Pretest – Posttest</i>	- 2.66667	4.67618	1.90904	-1.397	5	.221

Tabel 11. Uji Statistik Latihan Media Alat Bantu Karet

<i>Paired Samples Test Latihan Media Alat Bantu Karet</i>					
		<i>Mean</i>	<i>N</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>
Pair 1	<i>Pretest Latihan Karet</i>	6.1667	6	2.13698	.87242
	<i>Posttest Latihan Karet</i>	10.0000	6	3.03315	1.23828

Table 12 Uji Statistic Paired Samples Test Latihan Media Alat Bantu Karet

<i>Paired Differences</i>							
		<i>Mean</i>	<i>Std. Deviation</i>	<i>Std. Error Mean</i>	<i>t- hitung</i>	<i>df</i>	<i>Sig(2-tailed).</i>
Pair 1	<i>Pretest Latihan Karet– Posttest Latihan Karet.</i>	-3.83333	3.06050	1.24944	-3.068	5	.028

Perbandingan efek bersih antarkelompok menggunakan *independent t-test* pada Δ skor menunjukkan tidak terdapat perbedaan signifikan antara KTJ dan karet ($p = 0,614$). Artinya, meskipun latihan karet signifikan di dalam kelompoknya, perbedaan langsung KTJ vs karet tidak signifikan pada ukuran sampel saat ini (lihat Tabel 13-14).

Table 13. Uji Dekripsi Perbandingan Latihan Kedua Variabel

<i>Deskripsi Statistik Latihan Knee Tuck Jump Dan Latihan Karet</i>					
		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Hasil <i>Smash</i>	Latihan KTJ	6	-2,67	4,68	1,91
	Latihan Karet	6	4,17	2,48	1,01

Table 14. Uji Statistik Perbandingan Latihan *Knee Tuck Jump* Dan Media Alat Bantu Karet

		<i>Levene Test</i>		<i>T-Test For-Equality</i>				
		F	Sig.	t	Df.	Sig(2-tailed).	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference Lower Upper
Hasil <i>Smash</i>	<i>Equal variances</i>	2.353	.156	.520	10	.614	1.28236	-2.19061 3.52394

Kedua kelompok meningkat dari pretest ke posttest (KTJ +2,67; karet +3,83). Peningkatan signifikan hanya muncul pada kelompok karet, sedangkan perbandingan antar-kelompok tidak signifikan. Untuk penyajian final, pastikan: (1) anonimisasi P1-P12; (2) tabel hasil menampilkan skor total (deret per usaha di Lampiran); (3) konsistensi angka lintas tabel (khususnya Δ karet 3,83); dan (4) tambahkan grafik mean pre-post per kelompok dengan error bar agar tren lebih mudah dipahami.

Pembahasan

Pada bagian pembahasan ini, menyesuaikan dengan tiga temuan utama penelitian. Pertama, latihan knee tuck jump (KTJ) meningkatkan skor smash namun tidak signifikan secara statistik ($p = 0,221$). Kedua, latihan berbantuan karet (resistance band) menghasilkan peningkatan signifikan dalam-kelompok ($p = 0,028$). Ketiga, perbandingan antar-kelompok menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara KTJ dan resistance band ($p = 0,614$). Dengan demikian, pada desain dan ukuran sampel saat ini, resistance band efektif untuk memperbaiki performa di dalam kelompoknya, tetapi bukti belum memadai untuk menyimpulkan bahwa metode tersebut lebih unggul daripada KTJ.

Pola hasil tersebut dapat dijelaskan oleh beberapa mekanisme yang lazim pada studi pelatihan atlet usia remaja. (1) Ketimpangan baseline dan efek plafon: jika salah satu kelompok memulai dengan kemampuan lebih tinggi, ruang peningkatan menjadi terbatas sehingga selisih antarmetode tersamarkan. (2) Motor learning: pada fase awal program, perbaikan koordinasi, timing, dan kontrol gerak kerap mendahului perubahan kapasitas otot, sehingga skor smash bisa meningkat terutama karena eksekusi teknik yang lebih efisien. (3) Dominasi adaptasi neural dibanding

adaptasi struktural dalam jangka pendek: peningkatan rekrutmen unit motorik, sinkronisasi, dan efisiensi inter-muskular dapat mendorong output daya tanpa perubahan besar pada massa otot. Temuan ini selaras dengan ulasan yang menekankan peran efisiensi neuromuskular dan pembelajaran motorik dalam peningkatan performa loncat/pukulan pada atlet voli (Oliveira et al., 2023).

Hasil penelitian juga konsisten dengan sintesis literatur tentang efektivitas kedua pendekatan. Pliometrik secara umum terbukti meningkatkan tinggi lompatan, kecepatan, dan kelincahan pada pemain voli (Silva et al., 2019; Weldon et al., 2021), sedangkan modul resistance band mendukung peningkatan kontrol dan produksi gaya pada pola gerak overhead, terutama ketika dipadukan dengan pembelajaran teknik yang baik (Oliveira et al., 2023). Oleh karena itu, ketiadaan perbedaan antar-kelompok dalam studi ini tidak serta merta menyangkal manfaat salah satu metode; lebih mungkin mencerminkan durasi intervensi yang singkat, ukuran sampel kecil, dan heterogenitas respons individu.

Dari sisi praktik, pelatih dapat memadukan kedua pendekatan dalam mikro-siklus 6 minggu: gunakan resistance band untuk menajamkan kontrol skapulo-humeral, rotasi internal, dan *follow-through* pukulan; pertahankan KTJ untuk menstimulasi komponen stretch-shortening cycle dan kesiapan lompat. Kualitas repetisi (cue teknis), monitoring kelelahan, serta pencatatan kehadiran/kepatuhan perlu diprioritaskan agar adaptasi motorik dan neural termaksimalkan (Silva et al., 2019; Weldon et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

Tetap ada keterbatasan yang memengaruhi interpretasi: ukuran sampel kecil, variasi kehadiran/kepatuhan, potensi kelelahan yang tidak seragam antar individu/sesi, variabilitas teknik toss saat pengukuran, dan kematangan biologis atlet SMP yang belum seluruhnya terkendali. Ke depan, penelitian sebaiknya meningkatkan jumlah sampel, menyeimbangkan baseline, menerapkan randomisasi dan concealment yang lebih ketat serta blinding penilai, menggunakan ANCOVA atau model campuran untuk mengontrol perbedaan awal, dan menambahkan indikator kinerja seperti kecepatan bola, tinggi lompatan, serta kecepatan pendekatan untuk memetakan kontribusi pembelajaran motorik dan adaptasi neural secara lebih jelas (Silva et al., 2019; Weldon et al., 2021; Oliveira et al., 2023).

SIMPULAN

Penelitian eksperimental dua-kelompok pretest-posttest selama 6 minggu pada atlet voli putri remaja menunjukkan bahwa kedua intervensi –knee tuck jump (KTJ) dan latihan power lengan dengan karet elastik –meningkatkan skor smash, dengan $\Delta\text{mean KTJ} = +2,67$ dan $\Delta\text{mean karet} = +3,83$. Peningkatan signifikan dalam-kelompok hanya terlihat pada latihan karet ($p = 0,028$), sedangkan KTJ belum signifikan ($p = 0,221$); namun perbandingan antar-kelompok tidak menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p = 0,614$). Dengan demikian, temuan ini mendukung penggunaan latihan karet untuk perbaikan performa di dalam kelompok, tetapi belum cukup bukti untuk menyimpulkan keunggulannya atas KTJ pada desain dan ukuran sampel ini. Secara praktis, pelatih dapat mengombinasikan keduanya –KTJ untuk menstimulasi stretch-shortening cycle dan kesiapan lompat, serta karet elastik untuk menajamkan rotasi internal bahu, kontrol skapulo-humeral, dan *follow-through* pukulan –dengan penekanan pada kualitas repetisi, pengaturan beban, dan pemantauan kepatuhan. Interpretasi hasil perlu mempertimbangkan keterbatasan: ukuran sampel kecil (daya

uji rendah), potensi ketimpangan baseline, variasi kehadiran/kelelahan, variabilitas toss, dan kematangan biologis remaja. Studi lanjutan disarankan memperbesar sampel, memperketat randomisasi-concealment-blinding, menggunakan ANCOVA/model campuran, serta menambah metrik kinerja (kecepatan bola, tinggi lompatan, kecepatan pendekatan) agar mekanisme peningkatan (neuromuskular dan pembelajaran motorik) lebih terpetakan dan perbedaan antarmetode dapat diestimasi dengan presisi yang lebih baik.

REKOMENDASI

Rekomendasi penelitian menekankan pada penguatan rancangan dan pelaporan sebagai berikut: (1) Pra-registrasi protokol (tujuan, hipotesis, endpoint primer/sekunder) serta penentuan sampel a priori (power 0,80; $\alpha=0,05$) dengan target efek yang realistis; (2) Randomisasi berbasis komputer (blok/strata) dengan allocation concealment (amplop buram tersegel) dan blinding penilai; (3) Standarisasi pengukuran: skema zona skor smash yang terilustrasi, toss seragam oleh pelaksana yang sama, penambahan metrik pelengkap (kecepatan bola via radar, CMJ/tinggi lompatan, kecepatan pendekatan), serta uji reliabilitas (ICC/SEM $\rightarrow$ MDC); (4) Pemantauan kepatuhan & beban (hadir, durasi, set $\times$ rep, progresi, RPE) dan log kejadian tidak diinginkan; (5) Analitik utama menggunakan ANCOVA (posttest disesuaikan pretest) atau linear mixed-effects (intention-to-treat, multiple imputation untuk data hilang), dilengkapi effect size dan 95% CI, evaluasi SWC/MDC, serta uji ketangguhan (permutation/bootstrapping) dan grafik estimasi; (6) Kontrol faktor perancu (kematangan biologis/training age, variabilitas teknik, kelelahan) melalui stratifikasi atau kovariat; (7) Kerapian pelaporan: anonimisasi (P1-P12), konsistensi istilah (KTJ, resistance band, posttest), koreksi angka lintas tabel, serta penyajian grafik mean pre-post dengan error bar.

Laksanakan uji coba teracak multi-lengan selama 8-12 minggu dengan empat kelompok: KTJ, resistance band, kombinasi KTJ+band, dan kontrol aktif (teknik/koordinasi), atau alternatif faktorial 2 $\times$ 2 (KTJ: ya/tidak $\times$ band: ya/tidak) untuk menguji efek utama dan interaksi. Rekrut atlet putri 12-18 tahun level minimal regional, stratifikasi menurut kematangan biologis/training age, dan targetkan ≥ 30 peserta per kelompok dari analisis daya. Terapkan randomisasi berblok, concealment, dan blinding penilai. Tetapkan endpoint primer: skor smash disesuaikan pretest; endpoint sekunder: kecepatan bola, CMJ/tinggi lompatan, kecepatan pendekatan, akurasi/efisiensi pukulan, serta indikator kepatuhan dan beban. Jadwalkan pretest, mid-test (minggu 4-6), posttest, dan follow-up 4-6 minggu untuk menilai retensi. Dokumentasikan fidelitas intervensi (ceklist+video), risk screening pra-sesi, dan catatan cedera/keluhan. Analisis dengan model campuran (subjek sebagai efek acak; kovariat: baseline, usia biologis, training age), laporkan EMMs, perbedaan antar-kelompok dengan 95% CI, Hedges' g/η^2 parsial, koreksi multipel, serta analisis mekanistik opsional (mis. isokinetik rotasi bahu/EMG skapula) pada subsampel. Pra-registrasi (mis. OSF), persetujuan etik, serta rencana berbagi data & kode melengkapi mutu transparansi. Hasil yang diharapkan: klarifikasi apakah kombinasi menghasilkan manfaat aditif, estimasi efek yang lebih presisi antar-metode, dan pedoman dosis-respon yang dapat langsung diterapkan pelatih.

REFERENSI

- Agopyan, A., Özbar, N., & Özdemir, S. (2018). Effects of 8-week thera-band training on spike speed, jump height and speed of upper limb performance of young female volleyball players. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 7(1), 63–76. <https://doi.org/10.22631/ijaep.v7i1.218>
- Arroyo, M., Ortega, E., Lara, A., & Espá, A. (2025). Impact of reduced net height and ball speed feedback on spiking ability in introductory volleyball. *Sports*, 13(10), 347. <https://doi.org/10.3390/sports13100347>
- Balabas, D., Kellis, S., Christoulas, K., & Bampouras, T. (2021). An off-season plyometric and resistance training programme to improve vertical jump height in adolescent female volleyball players. *Journal of Science in Sport and Exercise*, 4(3), 213–220. <https://doi.org/10.1007/s42978-021-00136-y>
- Barfod, K., Bencke, J., Lauridsen, H., Dippmann, C., Ebskov, L., & Troelsen, A. (2015). Nonoperative, dynamic treatment of acute Achilles tendon rupture: Influence of early weightbearing on biomechanical properties of the plantar flexor muscle-tendon complex – A blinded, randomized, controlled trial. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*, 54(2), 220–226. <https://doi.org/10.1053/j.jfas.2014.11.018>
- Boyat, A., & Rathod, P. (2022). Designing and testing basic protocol for medium fast bowler to increase the speed and accuracy. *International Journal of Health Sciences*, 11165–11170. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6ns2.8013>
- Fleisig, G., Diffendaffer, A., Aune, K., Ivey, B., & Laughlin, W. (2016). Biomechanical analysis of weighted-ball exercises for baseball pitchers. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 9(3), 210–215. <https://doi.org/10.1177/1941738116679816>
- Frisch, K., Clark, J., Hanson, C., Fagerness, C., Conway, A., & Hoogendoorn, L. (2017). High prevalence of nontraumatic shoulder pain in a regional sample of female high school volleyball athletes. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(6). <https://doi.org/10.1177/2325967117712236>
- Fritz, N., Jueas, Á., Gargallo, P., Calatayud, J., Garrido, J., Rogers, M., ... & Colado, J. (2018). Positive effects of a short-term intense elastic resistance training program on body composition and physical functioning in overweight older women. *Biological Research for Nursing*, 20(3), 321–334. <https://doi.org/10.1177/1099800418757676>
- Fukutani, A., Kurihara, T., & Isaka, T. (2015). Factors of force potentiation induced by stretch-shortening cycle in plantarflexors. *PLOS ONE*, 10(6), e0120579. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120579>
- Fukutani, A., Shimoho, K., & Isaka, T. (2019). Pre-activation affects the effect of stretch-shortening cycle by modulating fascicle behavior. *Biology Open*, 8(12), bio044651. <https://doi.org/10.1242/bio.044651>
- Goecking, T., Holzer, D., Hahn, D., Siebert, T., & Seiberl, W. (2024). Unlocking the benefit of active stretch: The eccentric muscle action, not the preload, maximizes muscle-tendon unit stretch-shortening cycle performance. *Journal of Applied Physiology*, 137(2), 394–408. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00809.2023>
- Hammami, M., Gaamouri, N., Cherni, Y., Gaied, S., Chelly, M., Hill, L., ... & Knechtle, B. (2021). Effects of complex strength training with elastic band program on

- repeated change of direction in young female handball players: Randomized control trial. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 17(6), 1396–1407. <https://doi.org/10.1177/174795412111062152>
- Hammami, R., Gené-Morales, J., Abed, F., Selmi, M., Moran, J., Colado, J., ... & Rebai, H. (2022). An eight-weeks resistance training programme with elastic band increases some performance-related parameters in pubertal male volleyball players. *Biology of Sport*, 39(1), 219–226. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2021.101601>
- Harput, G., Guney-Deniz, H., Toprak, U., Kaya, T., Çolakoğlu, F., & Baltacı, G. (2016). Shoulder-rotator strength, range of motion, and acromiohumeral distance in asymptomatic adolescent volleyball attackers. *Journal of Athletic Training*, 51(9), 733–738. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-51.12.04>
- Hirai, H., Miyahara, S., & Otuka, A. (2021). Physical factors affecting the strength of arm wrestling. *International Journal of Medical Science and Clinical Invention*, 8(11), 5816–5821. <https://doi.org/10.18535/ijmsci/v8i11.010>
- Kim, B., & Lee, J. (2023). The effects of plyometric training with elastic band on physical fitness and isokinetic function in fencing foil athletes. *Exercise Science*, 32(1), 53–62. <https://doi.org/10.15857/ksep.2023.32.1.53>
- Kraan, R., Nobel, D., Eygendaal, D., Daams, J., Kuijer, P., & Maas, M. (2019). Incidence, prevalence, and risk factors for elbow and shoulder overuse injuries in youth athletes: A systematic review. *Translational Sports Medicine*, 2(4), 186–195. <https://doi.org/10.1002/tsm2.82>
- Lau, R., & Mukherjee, S. (2025). Moving beyond the checklist—An enhanced approach to context-driven overuse injury prevention in overhead youth athletes. *Journal of Clinical Medicine*, 14(3), 971. <https://doi.org/10.3390/jcm14030971>
- Lira, C., Vargas, V., Vancini, R., Hill, L., Nikolaidis, P., Knechtle, B., ... & Andrade, M. (2022). Shoulder internal rotator strength as risk factor for shoulder pain in volleyball players. *International Journal of Sports Medicine*, 44(2), 133–137. <https://doi.org/10.1055/a-1806-2303>
- Martin, C., Kulpa, R., Ezanno, F., Delamarche, P., & Bideau, B. (2016). Influence of playing a prolonged tennis match on shoulder internal range of motion. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(8), 2147–2151. <https://doi.org/10.1177/0363546516645542>
- Mizoguchi, Y., Suzuki, K., Shimada, N., Naka, H., Kimura, F., & Akasaka, K. (2022). Prevalence of glenohumeral internal rotation deficit and sex differences in range of motion of adolescent volleyball players: A case-control study. *Healthcare*, 10(11), 2263. <https://doi.org/10.3390/healthcare10112263>
- Nasuka, N., & Pradana, A. (2019). Squat jump exercise increased spike jump and block jump reach of junior volleyball athletes. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v3i18.4733>
- Oliveira, M., Souza, Á., Mendonça, L., & Silva, J. (2023). Does plyometric exercise improve jumping performance in volleyball athletes? An overview of systematic reviews. *Retos*, 50, 1188–1194. <https://doi.org/10.47197/retos.v50.96114>
- Paraskevopoulos, E., Kottaridis, F., Moutzouri, M., Koumantakis, G., Antonakis-Karamintzas, D., Tsolakis, C., ... & Παπανδρέου, Μ. (2023). Preliminary

- insights into the diagnostic accuracy of the modified arm care screen test for overhead athletes: An on-field tool for injury prevention. *Healthcare*, 11(23), 3046. <https://doi.org/10.3390/healthcare11233046>
- Park, J., Weeks, C., Thompson, B., & Louder, T. (2024). Correlation between maximal eccentric and isometric multi-joint lower-extremity strength and vertical jumping performance in young adults. *Muscles*, 3(4), 404–416. <https://doi.org/10.3390/muscles3040034>
- Silva, A., Clemente, F., Lima, R., Nikolaidis, P., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). The effect of plyometric training in volleyball players: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(16), 2960. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162960>
- Weldon, A., Mak, J., Wong, S., Duncan, M., Clarke, N., & Bishop, C. (2021). Strength and conditioning practices and perspectives of volleyball coaches and players. *Sports*, 9(2), 28. <https://doi.org/10.3390/sports9020028>