



Kontribusi Kekuatan Otot Tungkai, Kekuatan Otot Perut, Dan Kekuatan Otot Lengan Terhadap Kemampuan Smash Pada Siswa Ekstrakurikuler Bulutangkis Man 2 Pamekasan

Moh. Hendri^{1*}, Abdul Azis¹, Taufik Rahman¹

¹ Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan, dan Rekreasi, Universitas PGRI Sumenep, Sumenep, Indonesia

DOI: <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3108>

Article Info

Received: August, 12th 2026

Revised: August, 31st 2026

Accepted: September, 11th 2026

Abstract: This study analyzed the partial and simultaneous contributions of leg, abdominal, and arm muscle strength to the smash ability of 30 badminton extracurricular students at MAN 2 Pamekasan. Employing a quantitative descriptive correlational design, total sampling was applied to simulated data. Measurements utilized a back and leg dynamometer (leg strength), a 30-second sit-up test (abdominal strength), a 30-second push-up test (arm strength), and a targeted 10-shot smash test. Simulation results indicated positive correlations between all independent variables and smash ability: leg muscle strength ($r = 0.623$; $p < 0.001$) contributed 38.8%, abdominal muscle strength ($r = 0.574$; $p < 0.001$) contributed 33.0%, and arm muscle strength ($r = 0.527$; $p = 0.003$) contributed 27.8%. Simultaneously, the three variables produced $R = 0.833$ and $R^2 = 0.694$, accounting for 69.4% of the variation in smash ability ($F(3,26) = 19.614$; $p < 0.001$). In conclusion, leg muscle strength demonstrated the largest bivariate contribution, though all three strength components were strongly associated with overall smash performance.

Keywords: Leg Muscle Strength, Abdominal Muscle Strength, Arm Muscle Strength, Smash, Badminton, Extracurricular Activities.

Citation: Hendri, M., Azis, A., & Rahman, T. (2026). Kontribusi Kekuatan Otot Tungkai, Kekuatan Otot Perut, Dan Kekuatan Otot Lengan Terhadap Kemampuan Smash Pada Siswa Ekstrakurikuler Bulutangkis Man 2 Pamekasan. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, Dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, 7(4), 5485-5491. <https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i4.3108>

Introduction

Bulutangkis merupakan cabang olahraga raket yang menuntut keterpaduan kemampuan teknik, fisik, koordinasi, dan pengambilan keputusan dalam waktu yang singkat. Salah satu teknik serangan yang sangat penting adalah smash, yaitu pukulan overhead yang diarahkan cepat dan menukik ke bidang permainan lawan. Analisis kinematik terbaru menunjukkan bahwa efektivitas smash tidak hanya ditentukan oleh gerak lengan, tetapi melibatkan koordinasi kecepatan sudut pada lutut, panggul, bahu, siku, dan pergelangan tangan sehingga gerak pukulan perlu dipahami sebagai

rangkaian gerak tubuh yang saling berhubungan (Guo & Lin, 2026).

Dalam konteks pembinaan siswa, kondisi fisik menjadi fondasi penting agar teknik yang dipelajari dapat dilakukan secara konsisten. Kajian sistematis mengenai resistance training pada pemain bulutangkis menunjukkan bahwa latihan kekuatan dapat meningkatkan power, kecepatan, kelincahan, dan performa keterampilan; latihan ekstremitas bawah terutama berkaitan dengan kemampuan melompat, latihan core membantu stabilitas serta transfer gaya dalam rantai kinetik, sedangkan latihan ekstremitas

Email: opick_conk@stkipgrisumenep.ac.id

atas menunjukkan potensi terhadap kecepatan dan akurasi smash (Wang et al., 2025). Hal ini menguatkan pentingnya mengkaji komponen kekuatan yang secara fungsional terlibat dalam pukulan smash.

Kekuatan otot tungkai merupakan salah satu komponen yang relevan karena tungkai berfungsi sebagai dasar tumpuan, pengendali keseimbangan, penghasil dorongan, serta pengatur posisi tubuh sebelum dan sesudah memukul. Pada smash yang disertai lompatan, peran tungkai menjadi lebih jelas karena pemain harus menghasilkan gaya untuk mengangkat tubuh dan mempertahankan stabilitas ketika kontak dengan shuttlecock. Penelitian pada siswa ekstrakurikuler bulutangkis menunjukkan adanya hubungan antara kemampuan otot tungkai dan ketepatan smash, sementara penelitian lain pada peserta ekstrakurikuler tingkat sekolah juga menemukan hubungan positif antara power tungkai dan kemampuan smash (Anisah & Guntoro, 2022; Ahyar et al., 2024). Meskipun banyak penelitian menggunakan istilah power tungkai, kekuatan dasar tungkai tetap penting karena power merupakan hasil interaksi kekuatan dan kecepatan kontraksi.

Komponen berikutnya adalah kekuatan otot perut yang dalam kajian modern lebih luas dibahas sebagai bagian dari kekuatan core. Otot-otot pada daerah abdomen dan batang tubuh membantu mempertahankan postur, menstabilkan panggul dan tulang belakang, serta meneruskan gaya dari ekstremitas bawah ke ekstremitas atas ketika pemain melakukan rotasi tubuh. Meta-analisis Ma et al. (2024) menunjukkan bahwa core strength training dapat meningkatkan beberapa komponen performa bulutangkis, terutama power, stabilitas, dan keterampilan lapangan depan maupun belakang. Liang dan Tasnaina (2023) juga melaporkan bahwa penguatan core yang dipadukan dengan latihan teknik dapat meningkatkan keterampilan pukulan overhead pada mahasiswa. Temuan tersebut mendukung dugaan bahwa kemampuan otot perut dapat berkontribusi terhadap kualitas gerak smash melalui stabilisasi dan transfer gaya.

Kekuatan otot lengan berhubungan langsung dengan kemampuan menghasilkan dan mengendalikan percepatan raket menjelang impact. Indora et al. (2022) menemukan adanya hubungan antara explosive power ekstremitas atas dengan kecepatan dan performa smash pada pemain bulutangkis. Pada konteks siswa, Fauzi et al., (2025) melaporkan bahwa latihan kekuatan otot lengan berpengaruh terhadap performa smash. Penelitian Ahyar et al. (2024) juga memperlihatkan hubungan positif antara kekuatan otot lengan dan ketepatan smash pada peserta ekstrakurikuler.

Walaupun demikian, hubungan antara satu komponen fisik dan smash tidak selalu konsisten.

Cahyani et al. (2026), misalnya, menemukan bahwa kekuatan otot lengan yang diukur menggunakan push-up tidak menunjukkan pengaruh signifikan terhadap skor akurasi smash pada sampel mahasiswa. Perbedaan ini penting karena menegaskan bahwa smash merupakan keterampilan kompleks: kekuatan yang baik belum tentu menghasilkan pukulan efektif apabila tidak diikuti teknik, koordinasi, timing, titik kontak, dan penempatan shuttlecock yang memadai. Dengan demikian, pengujian di setiap populasi tetap diperlukan dan hasil penelitian tidak seharusnya diasumsikan sama antar kelompok.

Kegiatan ekstrakurikuler bulutangkis di madrasah merupakan lingkungan pembinaan yang strategis karena siswa berada pada fase perkembangan fisik dan motorik yang masih dapat ditingkatkan melalui latihan terstruktur. Penilaian kondisi fisik pada peserta ekstrakurikuler juga bermanfaat bagi pelatih untuk menyusun prioritas latihan. Praja et al. (2024) menggunakan tes push-up dan sit-up dalam pemetaan kondisi fisik peserta ekstrakurikuler bulutangkis, menunjukkan bahwa tes lapangan yang sederhana dapat diterapkan pada konteks sekolah untuk memperoleh gambaran kemampuan fisik siswa.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian pada siswa yang mengikuti ekstrakurikuler bulutangkis MAN 2 Pamekasan penting dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kontribusi tiga komponen kekuatan yang paling dekat dengan rantai gerak smash, yaitu kekuatan otot tungkai, kekuatan otot perut, dan kekuatan otot lengan. Penelitian ini sengaja membatasi variabel bebas pada tiga komponen tersebut agar analisis lebih terarah dan sesuai dengan kebutuhan pembinaan fisik yang relatif mudah diukur dalam lingkungan sekolah. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar empiris bagi guru, pembina, dan pelatih dalam menyusun program latihan yang lebih proporsional antara penguatan tungkai, core, lengan, dan latihan teknik smash.

Tujuan penelitian disusun sejalan dengan rumusan masalah, yaitu mengetahui besarnya kontribusi masing-masing variabel bebas secara parsial dan ketiganya secara simultan terhadap kemampuan smash.

Hipotesis Penelitian

H1: Terdapat kontribusi yang signifikan antara kekuatan otot tungkai (X1) dan kemampuan smash (Y).

H2: Terdapat kontribusi yang signifikan antara kekuatan otot perut (X2) dan kemampuan smash (Y).

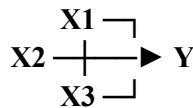
H3: Terdapat kontribusi yang signifikan antara kekuatan otot lengan (X3) dan kemampuan smash (Y).

H4: Terdapat kontribusi yang signifikan antara kekuatan otot tungkai, kekuatan otot perut, dan kekuatan otot lengan secara simultan terhadap kemampuan smash (Y).

Method

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain deskriptif korelasional. Desain tersebut digunakan karena penelitian tidak memberikan perlakuan, tetapi mengukur kondisi variabel yang dimiliki subjek kemudian menganalisis hubungan dan besarnya kontribusi variabel bebas terhadap variabel terikat. Model penelitian menempatkan kekuatan otot tungkai (X1), kekuatan otot perut (X2), dan kekuatan otot lengan (X3) sebagai prediktor, sedangkan kemampuan smash sebagai variabel terikat (Y). Pendekatan korelasional serupa telah digunakan pada penelitian bulutangkis tingkat sekolah dan mahasiswa untuk menguji keterkaitan komponen fisik dengan performa smash (Anisah & Guntoro, 2022; Ahyar et al., 2024; Cahyani et al., 2026).



Gambar 1. Desain konseptual penelitian

Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah seluruh siswa yang terdaftar dan aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler bulutangkis di MAN 2 Pamekasan. Untuk melengkapi contoh artikel ini, skenario data disusun dengan jumlah sampel 30 siswa dan menggunakan teknik total sampling, yaitu seluruh anggota aktif yang memenuhi kriteria penelitian diikutsertakan. Jumlah tersebut dipilih agar realistis untuk satu kelompok ekstrakurikuler tingkat Madrasah Aliyah, tetapi tetap berstatus simulasi dan bukan jumlah peserta aktual MAN 2 Pamekasan.

Kriteria inklusi dalam skenario penelitian adalah: (1) terdaftar sebagai siswa MAN 2 Pamekasan; (2) aktif mengikuti ekstrakurikuler bulutangkis; (3) mengikuti latihan secara rutin sekurang-kurangnya 75% dari jadwal latihan pada periode pengamatan; (4) dalam kondisi sehat saat pengambilan data; dan (5) bersedia mengikuti seluruh rangkaian tes. Untuk peserta yang belum berusia 18 tahun, persetujuan orang tua/wali dan izin pihak madrasah perlu diperoleh sebelum pengambilan data nyata.

Tabel 1. Variabel dan Definisi Operasional

Variabel	Definisi operasional	Instrumen /tes	Satuan/ skor
Kekuatan otot tungkai (X1)	Kemampuan otot tungkai menghasilkan gaya pada saat melakukan tarikan/ekstensi dalam posisi standar tes.	Back and leg dynamometer; 3 percobaan, skor terbaik digunakan.	kg
Kekuatan otot perut (X2)	Kemampuan fungsional otot abdomen yang dioperasionalkan melalui jumlah sit-up benar dalam durasi tes.	Sit-up 30 detik; jumlah repetisi benar dicatat.	repetisi
Kekuatan otot lengan (X3)	Kemampuan fungsional otot lengan dan bahu yang dioperasionalkan melalui jumlah push-up benar dalam durasi tes.	Push-up 30 detik; jumlah repetisi benar dicatat.	repetisi
Kemampuan smash (Y)	Kemampuan melakukan pukulan smash overhead ke bidang sasaran dengan teknik yang benar dan hasil pukulan masuk sesuai zona skor.	Tes smash 10 shuttlecock menuju bidang sasaran; skor dijumlahkan.	poin

Catatan metodologis: tes sit-up dan push-up berbasis jumlah repetisi lebih tepat dipahami sebagai indikator kekuatan fungsional/daya tahan kekuatan daripada pengukuran kekuatan maksimal murni. Jika istilah 'kekuatan otot perut' dan 'kekuatan otot lengan' dipertahankan untuk konsistensi dengan rancangan penelitian, definisi operasional di atas perlu dicantumkan agar pembaca mengetahui secara tepat apa yang diukur. Penelitian terbaru pada peserta ekstrakurikuler bulutangkis juga menggunakan sit-up dan push-up sebagai komponen tes fisik (Praja et al., 2024), sementara Cahyani et al. (2026) menggunakan push-up 60 detik sebagai indikator kekuatan otot lengan.

Prosedur Pengumpulan Data

1. Peneliti memperoleh izin dari pihak MAN 2 Pamekasan dan menjelaskan tujuan, manfaat, prosedur, serta aspek keselamatan tes kepada peserta.
2. Peserta melakukan pemanasan umum dan spesifik selama kurang lebih 10-15 menit.

3. Tes kekuatan otot tungkai dilakukan menggunakan back and leg dynamometer sesuai posisi standar. Setiap peserta melakukan tiga percobaan dengan jeda istirahat yang memadai, kemudian skor terbaik dicatat. Penggunaan back and leg dynamometer pada profil kondisi fisik pemain bulutangkis masih ditemukan pada penelitian terbaru (Syah & Purnomo, 2023).
4. Tes sit-up dilakukan selama 30 detik. Hanya repetisi dengan teknik benar yang dihitung.
5. Tes push-up dilakukan selama 30 detik. Posisi tubuh dan rentang gerak distandarkan agar penilaian antarpeserta konsisten.
6. Tes kemampuan smash dilakukan setelah pemulihan yang cukup. Peserta melakukan 10 kali smash ke bidang sasaran. Shuttlecock diberikan secara konsisten oleh feeder/pelatih; skor ditentukan berdasarkan zona jatuh shuttlecock dan dijumlahkan sebagai skor kemampuan smash.
7. Urutan tes sebaiknya dibuat sama untuk seluruh peserta atau diatur sedemikian rupa agar kelelahan dari satu tes tidak secara sistematis menurunkan hasil tes berikutnya. Waktu istirahat, kondisi lapangan, jenis shuttlecock, dan instruksi penilai dicatat dan dibuat seragam.

Teknik Analisis Data

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik seperti SPSS, Jamovi, JASP, atau R. Tahap pertama adalah statistik deskriptif berupa jumlah subjek, rata-rata, simpangan baku, nilai minimum, dan maksimum. Normalitas data dapat diuji dengan Shapiro-Wilk, khususnya apabila jumlah sampel relatif kecil. Sebelum regresi berganda, linearitas hubungan, homoskedastisitas residual, independensi residual, serta multikolinearitas antarprediktor diperiksa. Nilai tolerance $> 0,10$ dan VIF < 10 dapat digunakan sebagai indikator praktis tidak adanya multikolinearitas berat.

Hubungan parsial/bivariat dianalisis dengan korelasi Pearson apabila asumsi parametrik terpenuhi; apabila data tidak normal atau terdapat pencilan yang kuat, korelasi Spearman dapat digunakan. Besarnya kontribusi bivariat dihitung dengan koefisien determinasi $KD = r^2 \times 100\%$. Untuk menguji kontribusi ketiga prediktor secara simultan digunakan regresi linear berganda dengan persamaan $Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$. Kontribusi simultan dinyatakan dengan $R^2 \times 100\%$, sedangkan keberartian model dilihat dari uji $R^2 \times 100\%$, sedangkan keberartian model dilihat dari uji

F pada $\alpha = 0,05$. Jika ingin menyatakan kontribusi unik setiap prediktor di dalam model, sebaiknya menggunakan squared semi-partial correlation (sr^2) atau perubahan R^2 , bukan sekadar membandingkan r^2 bivariat.

Hasil Penelitian

Untuk melengkapi struktur artikel, bagian hasil berikut menggunakan data simulasi 30 siswa yang disusun dalam rentang skor yang realistis untuk peserta ekstrakurikuler tingkat Madrasah Aliyah. Seluruh angka harus diganti dengan hasil pengukuran nyata apabila penelitian lapangan telah dilakukan.

Tabel 2. Statistik Deskriptif

Variabel	N	Mean	SD	Minimum	Maksimum
Kekuatan otot tungkai (X1)	30	87,55	13,17	64,0	120,0
Kekuatan otot perut (X2)	30	21,13	3,55	15	29
Kekuatan otot lengan (X3)	30	18,27	4,08	10	26
Kemampuan smash (Y)	30	21,23	3,35	14	28

Uji prasyarat pada data simulasi menunjukkan seluruh variabel berdistribusi normal berdasarkan Shapiro-Wilk ($X_1 p = 0,861$; $X_2 p = 0,551$; $X_3 p = 0,637$; $Y p = 0,538$), sehingga korelasi Pearson digunakan. Nilai VIF prediktor berada pada rentang 1,08-1,10, sehingga tidak menunjukkan multikolinearitas yang bermasalah.

Tabel 3. Korelasi dan kontribusi masing-masing variabel bebas terhadap kemampuan smash

Hubungan	r/p	p	r^2	Kontribusi (%)	Keputusan
X1 dengan Y	0,623	$< 0,001$	0,388	38,8	Signifikan
X2 dengan Y	0,574	$< 0,001$	0,330	33,0	Signifikan
X3 dengan Y	0,527	0,003	0,278	27,8	Signifikan

Tabel 4. Koefisien regresi dan kontribusi unik prediktor

Prediktor	B	SE	Beta	t	p	sr ² (%)
Konstanta	-1,996	3,073	—	-0,650	0,522	—
Kekuatan otot tungkai (X1)	0,115	0,029	0,451	3,967	< 0,001	18,5
Kekuatan otot perut (X2)	0,380	0,107	0,403	3,569	0,001	15,0
Kekuatan otot lengan (X3)	0,282	0,093	0,344	3,045	0,005	10,9

Tabel 5. Ringkasan model regresi simultan

R ²	Adjusted R ²	F	df	p model
0,833	0,694	0,658	19,614	3, 26 < 0,001

Narasi Hasil Simulasi

Hasil analisis menunjukkan bahwa kekuatan otot tungkai memiliki hubungan positif dan signifikan dengan kemampuan smash sebesar $r = 0,623$; $p < 0,001$. Nilai koefisien determinasi $r^2 = 0,388$ menunjukkan bahwa kekuatan otot tungkai memberikan kontribusi bivariat sebesar 38,8% terhadap variasi kemampuan smash. Dengan demikian, pada data simulasi H1 diterima.

Kekuatan otot perut memiliki hubungan positif dan signifikan dengan kemampuan smash sebesar $r = 0,574$; $p < 0,001$, dengan koefisien determinasi $r^2 = 0,330$ atau kontribusi bivariat sebesar 33,0%. Dengan demikian, pada data simulasi H2 diterima.

Kekuatan otot lengan memiliki hubungan positif dan signifikan dengan kemampuan smash sebesar $r = 0,527$; $p = 0,003$, dengan koefisien determinasi $r^2 = 0,278$ atau kontribusi bivariat sebesar 27,8%. Dengan demikian, pada data simulasi H3 diterima.

Secara simultan, kekuatan otot tungkai, kekuatan otot perut, dan kekuatan otot lengan menghasilkan $R = 0,833$ dan $R^2 = 0,694$. Artinya, ketiga variabel secara bersama-sama menjelaskan 69,4% variasi kemampuan smash, sedangkan 30,6% sisanya dijelaskan oleh faktor lain yang tidak dimasukkan dalam model. Uji F menunjukkan $F(3,26) = 19,614$; $p < 0,001$, sehingga model regresi signifikan dan pada data simulasi H4 diterima. Persamaan regresi yang diperoleh adalah $Y = -1,996 + 0,115X_1 + 0,380X_2 + 0,282X_3$.

Pembahasan

Kontribusi Kekuatan Otot Tungkai terhadap Kemampuan Smash

Pada data simulasi, kekuatan otot tungkai menunjukkan korelasi positif sebesar $r = 0,623$ dengan kontribusi bivariat 38,8%, yang merupakan nilai terbesar di antara tiga variabel bebas. Hasil ini dapat dijelaskan melalui fungsi tungkai sebagai basis gerak untuk mencapai posisi pukulan, menjaga keseimbangan, menghasilkan dorongan vertikal atau horizontal, dan

memulai transfer gaya menuju batang tubuh. Kekuatan tungkai yang lebih baik memungkinkan siswa mempertahankan posisi tubuh yang stabil sehingga gerakan rotasi dan ayunan raket dapat dilakukan dalam kondisi mekanis yang lebih menguntungkan.

Interpretasi tersebut sejalan dengan penelitian Anisah dan Guntoro (2022) pada siswa ekstrakurikuler bulutangkis yang menemukan keterkaitan kemampuan tungkai dengan ketepatan smash. Ahyar et al. (2024) juga melaporkan hubungan positif antara power tungkai dan ketepatan smash pada peserta ekstrakurikuler. Kajian Wang et al. (2025) memperkuat bahwa latihan ekstremitas bawah memberikan efek kuat terhadap performa lompatan pada pemain bulutangkis. Namun, perlu dibedakan antara kekuatan dan power: leg dynamometer mengukur kemampuan menghasilkan gaya, sedangkan power melibatkan unsur kecepatan. Oleh sebab itu, kontribusi kekuatan tungkai terhadap smash dapat bermakna penting, tetapi tidak otomatis menggambarkan seluruh kemampuan eksplosif saat jump smash.

Kontribusi Kekuatan Otot Perut terhadap Kemampuan Smash

Pada data simulasi, kekuatan otot perut berhubungan positif dengan kemampuan smash ($r = 0,574$; kontribusi bivariat 33,0%). Otot perut berperan terutama melalui stabilisasi batang tubuh dan transfer gaya. Pada gerakan smash, gaya yang dimulai dari tumpuan tungkai diteruskan melalui panggul dan batang tubuh sebelum mencapai bahu, lengan, dan raket. Batang tubuh yang stabil memungkinkan rotasi dilakukan secara terkontrol dan mengurangi kehilangan energi di sepanjang rantai kinetik. Dengan demikian, kemampuan fungsional otot abdomen dapat membantu siswa mengoptimalkan koordinasi tubuh ketika melakukan smash.

Dukungan empiris datang dari meta-analisis Ma et al. (2024), yang menyimpulkan bahwa core strength training meningkatkan power, keseimbangan, stabilitas, dan keterampilan lapangan dalam bulutangkis. Liang dan Tasnaina (2023) juga menunjukkan bahwa penambahan latihan core pada latihan teknik meningkatkan performa pukulan overhead. Kajian Wang et al. (2025) menyebut core strength sebagai unsur yang mendukung stabilitas teknik dan transfer power di dalam rantai kinetik. Dengan demikian, otot perut tidak bekerja sebagai penghasil pukulan secara terpisah, melainkan sebagai penghubung mekanis antara gerak tungkai dan gerak ekstremitas atas.

Walaupun hasil simulasi menunjukkan hubungan yang signifikan, tes sit-up berbasis repetisi tetap lebih sensitif terhadap daya tahan kekuatan dan

kualitas teknik pelaksanaan daripada kekuatan maksimal batang tubuh. Oleh karena itu, kontribusi 33,0% tidak boleh dimaknai bahwa sit-up merupakan satu-satunya indikator kualitas core. Performa smash juga dipengaruhi timing, rotasi panggul, koordinasi, pengalaman teknik, dan kualitas titik kontak dengan shuttlecock.

Kontribusi Kekuatan Otot Lengan terhadap Kemampuan Smash

Kekuatan otot lengan pada data simulasi menunjukkan korelasi positif sebesar $r = 0,527$ dengan kontribusi bivariat 27,8%. Kekuatan lengan mendukung fase percepatan raket dan kemampuan mempertahankan kontrol selama pukulan overhead. Ketika teknik dasar telah memadai, kemampuan ekstremitas atas yang lebih baik dapat membantu siswa menghasilkan ayunan yang lebih cepat dan stabil. Indora et al. (2022) melaporkan hubungan antara explosive power ekstremitas atas dengan kecepatan dan performa smash, sedangkan Fauzi et al. (2025) menemukan bahwa latihan kekuatan otot lengan memberikan pengaruh terhadap pukulan smash pada siswa. Hasil Ahyar et al. (2024) juga menunjukkan hubungan positif antara kekuatan otot lengan dan ketepatan smash pada konteks ekstrakurikuler sekolah.

Walaupun demikian, kekuatan lengan tidak boleh diposisikan sebagai satu-satunya penentu smash. Cahyani et al. (2026) melaporkan bahwa kekuatan otot lengan yang diukur melalui push-up tidak berpengaruh signifikan terhadap akurasi smash pada sampel mahasiswa. Perbedaan temuan ini mengingatkan bahwa hasil smash sangat bergantung pada kualitas teknik, titik perkenaan shuttlecock, koordinasi gerak, kecepatan raket, dan penempatan pukulan. Dengan kata lain, siswa yang kuat secara fisik belum tentu memiliki smash yang baik apabila pola geraknya belum efisien.

Kontribusi Simultan Tungkai, Perut, dan Lengan

Analisis simultan merupakan bagian terpenting penelitian ini karena smash pada dasarnya merupakan gerak multi-segmen. Guo dan Lin (2026) memperlihatkan bahwa kinematika smash melibatkan kontribusi sendi lutut, panggul, bahu, siku, dan pergelangan tangan. Secara konseptual, hal tersebut menunjukkan adanya rangkaian gerak dari bagian proksimal menuju distal. Oleh karena itu, model yang menggabungkan kekuatan tungkai, kemampuan otot perut/core, dan kekuatan lengan lebih sesuai untuk menggambarkan kondisi fisik yang mendukung smash dibandingkan hanya melihat satu kelompok otot secara terpisah.

Nilai $R^2 = 0,694$ pada data simulasi menunjukkan bahwa 69,4% variasi kemampuan smash secara statistik

dapat dijelaskan oleh kekuatan otot tungkai, kekuatan otot perut, dan kekuatan otot lengan secara bersama-sama. Sebanyak 30,6% variasi lainnya tetap berasal dari faktor yang tidak dimasukkan dalam model, seperti teknik, koordinasi mata-tangan, fleksibilitas, kecepatan reaksi, tinggi badan, pengalaman latihan, timing, kualitas footwork, serta karakteristik raket dan shuttlecock. Karena desain penelitian bersifat korelasional, hasil tersebut menunjukkan keterkaitan dan kontribusi statistik, bukan bukti sebab-akibat.

Implikasi Praktis untuk Ekstrakurikuler MAN 2 Pamekasan

Secara praktis, pola hasil simulasi menunjukkan bahwa penguatan tungkai dapat ditempatkan sebagai salah satu prioritas karena memiliki kontribusi bivariat terbesar (38,8%), diikuti kekuatan otot perut (33,0%) dan lengan (27,8%). Namun program latihan tetap perlu bersifat menyeluruh. Latihan squat, split squat, lunge, dan variasi plyometric dapat digunakan untuk tungkai; plank, side plank, dead bug, bird-dog, anti-rotation, dan rotasi terkontrol untuk core; sedangkan push-up, rowing, shoulder external rotation, medicine-ball throw, dan latihan raket spesifik dapat digunakan untuk lengan dengan beban progresif yang aman. Kajian Wang et al. (2025) menekankan bahwa program resistance training yang disesuaikan dengan tuntutan bulutangkis dapat meningkatkan kualitas fisik dan keterampilan, sedangkan Ma et al. (2024) menunjukkan nilai tambah latihan core terhadap stabilitas dan performa lapangan.

Latihan fisik tetap harus dipadukan dengan latihan teknik smash karena kekuatan tanpa koordinasi yang tepat berpotensi menghasilkan gerakan yang tidak efisien. Untuk siswa sekolah, kualitas gerak, keselamatan, progresivitas beban, pemulihan, serta konsistensi latihan lebih penting daripada sekadar mengejar skor kekuatan yang tinggi. Evaluasi berkala terhadap tiga komponen yang diteliti dapat membantu pembina menilai perkembangan siswa dan menyesuaikan program latihan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang perlu dicantumkan dalam artikel akhir. Pertama, desain korelasional tidak dapat membuktikan hubungan sebab-akibat. Kedua, ukuran sampel ekstrakurikuler sekolah mungkin kecil sehingga kekuatan statistik terbatas. Ketiga, sit-up dan push-up berbasis repetisi tidak identik dengan pengukuran kekuatan maksimal, sehingga hasil harus ditafsirkan sebagai indikator kemampuan fungsional/daya tahan kekuatan sesuai definisi operasional. Keempat, kemampuan smash dipengaruhi oleh banyak faktor teknik dan antropometri yang tidak dimasukkan dalam

model. Kelima, apabila sampel terdiri dari siswa laki-laki dan perempuan, perbedaan karakteristik fisik perlu dilaporkan dan dipertimbangkan dalam interpretasi.

Kesimpulan

Berdasarkan data simulasi 30 siswa ekstrakurikuler bulutangkis MAN 2 Pamekasan, dapat disimpulkan bahwa: (1) kekuatan otot tungkai memiliki hubungan signifikan dengan kemampuan smash dan memberikan kontribusi bivariat sebesar 38,8% ($r = 0,623$; $p < 0,001$); (2) kekuatan otot perut memberikan kontribusi sebesar 33,0% ($r = 0,574$; $p < 0,001$); (3) kekuatan otot lengan memberikan kontribusi sebesar 27,8% ($r = 0,527$; $p = 0,003$); dan (4) ketiga variabel secara simultan menjelaskan 69,4% variasi kemampuan smash dengan $R = 0,833$, $F(3,26) = 19,614$, dan $p < 0,001$. Variabel dengan kontribusi bivariat terbesar pada simulasi adalah kekuatan otot tungkai. Kesimpulan ini hanya berlaku sebagai contoh pengisian artikel dan tidak boleh dipresentasikan sebagai hasil empiris MAN 2 Pamekasan sebelum diganti dengan data lapangan yang sebenarnya.

Saran

Bagi pembina ekstrakurikuler bulutangkis MAN 2 Pamekasan, program latihan fisik disarankan mengintegrasikan penguatan tungkai, core/otot perut, dan lengan dengan latihan teknik smash secara terstruktur. Penelitian berikutnya dapat menambahkan variabel biomekanik dan teknik seperti power tungkai, koordinasi mata-tangan, fleksibilitas, kecepatan reaksi, atau kecepatan shuttlecock, serta menggunakan instrumen pengukuran kekuatan yang lebih spesifik apabila fasilitas memungkinkan.

Daftar Pustaka

- Ahyar, M., Solihin, A. O., & Syamsudar, B. (2024). Hubungan kekuatan otot lengan dan power tungkai terhadap ketepatan smash dalam permainan bulutangkis. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(10), 1067-1079. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11627937>
- Anisah, A., & Guntoro, T. S. (2022). Hubungan antara power otot tungkai dan kekuatan otot lengan terhadap ketepatan smash pada siswa ekstrakurikuler bulutangkis SMP Negeri 2 Merauke. *Jurnal Pendidikan Jasmani Indonesia*, 18(2), 194-202. <https://doi.org/10.21831/jppi.v18i2.53849>
- Cahyani, C., Helniati, Asrina, Aminah, S., Yulisa, F. S., Sulistia, T. A., Nurbiah, Rudi, A., Putra, A. A., & Safitri, E. (2026). Hubungan kekuatan otot lengan dan koordinasi mata-tangan terhadap akurasi smash pada atlet bulutangkis usia mahasiswa. *Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan*, 4(1), 41-46.
- Fauzi, M. R., Widodo, H. M., & Handayani, H. Y. (2025). Pengaruh latihan kekuatan otot lengan terhadap pukulan smash pada permainan bulutangkis SDN 1 Blega. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 10(3). <https://doi.org/10.23969/jp.v10i03.29945>
- Guo, X.-P., & Lin, L.-W. (2026). Kinematic analysis of badminton smash techniques of badminton players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 21(2), 667-681. <https://doi.org/10.55860/tfdhz776>
- Indora, N. K., Anand, P., Chettri, S., & Kumar, V. (2022). Correlation of upper limb explosive power with smash velocity and performance in badminton players: A cross-sectional study. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 16(5), YC09-YC11. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2022/53088.16381>
- Liang, Y., & Tasnaina, N. (2023). Developing a core strength training program to improve badminton high clear stroke for university students. *International Journal of Sociologies and Anthropologies Science Reviews*, 3(6), 163-170. <https://doi.org/10.60027/ijssr.2023.3498>
- Ma, S., Soh, K. G., Japar, S. B., Liu, C., Luo, S., Mai, Y., Wang, X., & Zhai, M. (2024). Effect of core strength training on the badminton player's performance: A systematic review & meta-analysis. *PLOS ONE*, 19(6), e0305116. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305116>
- Praja, M. D., Hartati, H., & Aryanti, S. (2024). Implementation application for measuring physical fitness test results in badminton. *ACTIVE: Journal of Physical Education, Sport, Health and Recreation*, 13(1). <https://doi.org/10.15294/active.v13i1.78207>
- Syah, F., & Purnomo, M. (2023). Analisis kondisi fisik atlet bulutangkis putra PB. Mandala Putra Mahesa Kediri 2022. *Jurnal Prestasi Olahraga*, 6(1).
- Wang, T., Yee Guan, N., Amri, S., Kamalden, T. F., & Gao, Z. (2025). Effects of resistance training on performance in competitive badminton players: A systematic review. *Frontiers in Physiology*, 16, 1548869. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1548869>