



## **Korelasi *Power* Otot Tungkai, Kekuatan Otot Lengan, Panjang Tungkai dengan Ketepatan *Smash* pada Atlet Bulu Tangkis Usia 10 -14 tahun**

*The Relationship between Leg Muscle Power, Arm Muscle Strength, and Leg Length with Smash Accuracy in Badminton Athletes Ages 10-14*

**Hakim Irwandi Marpaung<sup>1\*</sup>, Swandika Pinem<sup>2</sup>, Deni Rahman Marpaung<sup>3</sup>, Irfan Deny Oktavian<sup>4</sup>, Giofandi Samin<sup>5</sup>, Purwanto<sup>6</sup>**

<sup>1,2,4</sup>Program Studi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Cenderawasih, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan, Universitas Negeri Medan, Indonesia

<sup>5</sup>Program Studi Ilmu Keolahragaan, Universitas Muhammadiyah Gorontalo, Indonesia

<sup>6</sup>Program Studi Pendidikan Jasmani, Kesehatan Dan Rekreasi, Universitas Riau, Indonesia

\*Penulis Korespondensi: [hakimirwandimarpaung@gmail.com](mailto:hakimirwandimarpaung@gmail.com)

### **Abstrak**

Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi: (1) korelasi antara daya ledak otot tungkai dan ketepatan smash pada atlet bulu tangkis, (2) korelasi kekuatan otot lengan dengan akurasi smash, (3) keterkaitan panjang tungkai dengan ketepatan smash, serta (4) korelasi simultan daya ledak otot tungkai, kekuatan otot lengan, dan panjang tungkai dengan ketepatan smash pada atlet PB FIK Universitas Cenderawasih berusia 10–14 tahun. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif melalui tes dan pengukuran, dengan populasi sebanyak 24 atlet. Sampel diperoleh menggunakan teknik purposive sampling sehingga terpilih 16 atlet sesuai kriteria penelitian. Instrumen yang digunakan meliputi vertical jump untuk mengukur daya ledak tungkai, push-up untuk kekuatan lengan, tes pengukuran panjang tungkai, serta tes ketepatan smash berdasarkan standar PBSI. Temuan penelitian menunjukkan bahwa: (1) daya ledak tungkai memiliki korelasi signifikan dengan ketepatan smash ( $r_{hitung} 0,749 > r_{tabel} 0,468$ ;  $p < 0,05$ ), (2) kekuatan lengan berkorelasi signifikan dengan ketepatan smash ( $r_{hitung} 0,671 > r_{tabel} 0,468$ ;  $p < 0,05$ ), (3) panjang tungkai memiliki korelasi signifikan dengan ketepatan smash ( $r_{hitung} 0,822 > r_{tabel} 0,468$ ;  $p < 0,05$ ), dan (4) ketiga variabel tersebut secara bersama-sama berpengaruh signifikan terhadap ketepatan smash ( $F_{hitung} 27,301 > F_{tabel} 3,80$ ;  $p < 0,05$ ).

**Kata kunci:** daya ledak otot tungkai, kekuatan otot lengan, panjang tungkai, ketepatan *smash*.

### **Abstract**

*This study aims (1) to determine the relationship between leg muscle power and smash accuracy in badminton athletes. (2) to determine the relationship between arm muscle strength and smash accuracy in badminton athletes. (3) to determine the relationship between leg length and smash accuracy in badminton athletes. (4) to determine the relationship between leg muscle power, arm muscle strength, and leg length and smash accuracy in badminton athletes of the Faculty of Sports Science, Cenderawasih University, aged 10-14 years. This research method is quantitative with tests and measurements. The study population consisted of 24 athletes. The sampling technique used purposive sampling based on the criteria met, totaling 16 athletes. Instruments for leg muscle power were the vertical jump test, arm muscle strength the push-up test, leg length the long leg test, and smash accuracy the PBSI smash test. The results of the study showed that (1) There is a significant relationship between leg muscle power and the accuracy of badminton athletes' smashes, with  $r$  count  $0.749 > r$  table  $0.468$ , sig.  $0.000 < 0.05$ . (2) There is a significant relationship between arm muscle strength and the accuracy of*

*badminton athletes' smashes, with r count 0.671 > r table 0.468, sig. 0.000 < 0.05. (3) There is a significant relationship between leg length and the accuracy of badminton athletes' smashes, with r count 0.822 > r table 0.468, sig. 0.000 < 0.05. (4) There is a significant relationship between leg muscle power, arm muscle strength, and leg length and the accuracy of badminton athletes' smashes at PB FIK Universitas Cenderawasih aged 10 – 14 years, with F count 27.301 > F table 3.80 and sig. 0.000 < 0.05.*

**Keywords:** *leg muscle power, arm muscle strength, leg length, smash accuracy.*

## PENDAHULUAN

Bulu tangkis adalah jenis olahraga yang sangat terkenal dan diakui baik secara nasional maupun internasional. Raket serta *shuttlecock* sebagai peralatan untuk bermain, di mana dua pemain saling berhadapan di sebuah lapangan yang terpisah oleh net. (Farrel et al., 2023). Beberapa jenis teknik dalam pukulan bulu tangkis sangat penting dalam mencari poin - poin untuk kemenangan. Salah satu teknik pukulan yang mampu melakukan serangan yaitu *smash*, jenis pukulan ofensif dalam permainan bulu tangkis yang memiliki potensi paling besar dalam menghasilkan poin (Taufik & Hulfian, 2024). Pukulan *smash* merupakan serangan atau pukulan keras dan tajam dengan tujuan mematikan lawan sehingga mendapat poin (Putra, Sobarna, and M Rizal 2021).

Akurasi dalam melakukan smash yang dimiliki oleh seorang atlet tentu saja akan sangat membantu mereka, karena bisa mengarahkan *shuttlecock* ke lokasi yang sulit dijangkau pemain lawan. Kemenangan dalam sebuah pertandingan, bagi seorang pemain tidak hanya perlu memiliki kekuatan dalam melakukan smash, tetapi juga harus mampu melakukannya dengan ketepatan yang tinggi. Hal ini dibuktikan berdasarkan penelitian yang berjudul “*Pengaruh model latihan dan panjang tungkai terhadap akurasi servis kuda pada sepak takraw*” oleh (Marpaung et al., 2022). Ketepatan dalam melakukan smash merupakan keterampilan individu dalam menetapkan arah dan mengontrol gerakan bebas untuk mencapai akurasi dari serangkaian gerakan smash yang dimulai dari fase persiapan, dorongan, kontak, hingga kembali mendarat (Pamungkas, K.A.A., Indarto, 2021).

*Upper limb explosive power* satu komponen kebugaran yang memengaruhi kecepatan, kekuatan, dan *accuracy* smash pada pemain bulu tangkis. Eksplosivitas ini berkaitan dengan kemampuan otot untuk menghasilkan tenaga besar dalam waktu singkat yang digunakan dalam teknis pukulan overhead smash, sehingga meningkatkan

*velocity* dan ketepatan pukulan (Indora et al., 2022). Power otot tungkai dapat diartikan sebagai kemampuan otot menghasilkan kontraksi maksimal secara cepat dalam menghadapi beban tertentu. Atlet yang memiliki daya ledak tungkai lebih baik cenderung mampu melakukan lompatan yang lebih tinggi untuk menjangkau posisi bola secara optimal (Marpaung & Priyonoadi, 2020).

Selain daya ledak tungkai, faktor lain yang berperan dalam pelaksanaan smash bulu tangkis adalah kekuatan otot lengan. Kekuatan didefinisikan sebagai kemampuan otot atau kelompok otot dalam menghadapi dan mengendalikan beban saat melakukan suatu aktivitas gerak (Citra et al., 2015). Dalam permainan bulu tangkis, kekuatan berperan penting saat melakukan pukulan terhadap shuttlecock, sementara kekuatan otot lengan dan genggaman turut memberikan kontribusi dalam mengontrol pegangan raket ketika melakukan teknik pukulan. Latihan ketahanan (*resistance training*), termasuk pengembangan kekuatan tungkai dan lengan, berpengaruh langsung terhadap performa fisik atlet badminton, yang meliputi power otot, kecepatan kontraksi, dan koordinasi tubuh secara keseluruhan. Hal ini termasuk transfer tenaga dari kaki ke torso kemudian ke lengan selama pukulan smash (Wang et al., 2025). Hasil penelitian yang dilakukan oleh (Munadi et al., 2018) mengungkapkan bahwa kekuatan otot lengan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan smash dalam permainan bulu tangkis.

Salah satu elemen internal yang sangat berpengaruh terhadap kekuatan smash adalah ukuran tungkai. Tungkai yang panjang sebagai bagian dari alat gerak bawah mempunyai peranan krusial dalam efektivitas atau aktivitas olahraga. Sebagai bagian dari alat gerak bawah, ukuran tungkai berfungsi sebagai penyangga bagi pergerakan bagian tubuh atas, serta menjadi penentu untuk melakukan gerakan seperti jalan, lari, lompat, dan menendang (Marpaung et al., 2022). Teknik smash terdiri dari serangkaian gerakan biomekanikal yang melibatkan seluruh tubuh, termasuk angkatan dari tungkai, rotasi torso, transfer kekuatan dari kaki ke lengan (*kinetic chain*). Peningkatan efisiensi biomekanik ini berkontribusi terhadap peningkatan kecepatan dan ketepatan smash (Edmizal et al., 2024)

## METODE

### Jenis Penelitian

Penelitian tentang korelasi *power* otot tungkai, kekuatan otot lengan, panjang tungkai dengan ketepatan *smash* pada atlet bulu tangkis usia 10 -14 tahun menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan teknik tes dan pengukuran. Penelitian korelasional ini bertujuan untuk mengidentifikasi ada atau tidaknya hubungan antarvariabel, sekaligus mengetahui tingkat keeratan serta signifikansi hubungan yang ditemukan (Sugiyono, 2019).

### Populasi, Sampel, Waktu dan Tempat

Populasi penelitian dengan jumlah 24 atlet. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah purposive sampling, yang didasarkan pada kriteria berikut: (1) mengikuti rangkaian tes dan pengukuran sesuai dengan prosedur dari awal sampai akhir, (2) atlet putra cabang bulu tangkis PB FIK Universitas Cenderawasih yang berusia 10 hingga 14 tahun, (3) masih aktif berlatih min 1 tahun, (4) pengalaman minimal mengikuti kejuaraan tingkat daerah dan (5) tidak dalam kondisi sakit. Berdasarkan kriteria tersebut, terdapat 16 atlet yang memenuhi syarat. Penelitian dilaksanakan di Gedung Bulu Tangkis PB FIK Universitas Cenderawasih, Universitas Cenderawasih, Jayapura pada bulan September 2025.

### Instrumen

Power otot tungkai menggunakan instrumen tes lompatan vertikal (*vertical jump*), untuk kekuatan otot lengan dilakukan dengan *push up*, panjang tungkai diukur melalui tes panjang tungkai, dan untuk mengukur ketepatan smash menggunakan tes ketepatan smash yang telah ditetapkan oleh PB PBSITahun 2006

### Prosedur Pengambilan Data

Adapun tahapan pengambilan data: Pertama: Persiapan meliputi perizinan klub/pelatih dan orang tua, sesuai kriteria sampel, *briefing* dan demonstrasi. Kedua: Pelaksanaan tes pengukuran: ketepatan smash, power otot tungkai, kekuatan otot lengan, panjang tungkai.

## Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dihitung menggunakan Microsoft Excel dan SPSS 20 dengan uji korelasi sederhana dan regresi berganda. Sebelum menguji hipotesis, dilakukan uji persyaratan, seperti uji normalitas data dan uji linearitas.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

#### Deskripsi Data Penelitian

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, selanjutnya dianalisis secara statistik. Berikut deskripsi data mentah hasil penelitian yang meliputi data minimum, maksimum, nilai rata – rata (*mean*), dan simpangan baku (*std.deviation*).

Tabel 1. Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Power Otot Tungkai	16	32.00	40.00	35.0000	2.78089
Kekuatan Otot Tungkai	16	7.00	18.00	11.6250	3.15964
Panjang Tungkai	16	55.00	76.00	63.3125	6.48813
Smash	16	28.00	36.00	31.8750	2.68017

### Uji Normalitas

Tabel 2. Uji Normalitas

Variabel	<i>p</i>	$\alpha$	Keterangan
Power Otot Tungkai	0,525	0,05	Normal
Kekuatan Otot Lengan	0,870	0,05	Normal
Panjang Tungkai	0,576	0,05	Normal
Ketepatan Smash	0,986	0,05	Normal

Berdasarkan analisis statistik uji normalitas yang telah dilakukan dengan menggunakan uji *Kolmogorov Smirnov*, pada semua data di dapat dari hasil uji normalitas data nilai signifikansi  $p > 0,05$ , yang berarti data berdistribusi normal.

## Uji Linieritas

Tabel 3. Uji Linieritas

No	Variabel	F	sig	Keterangan
1	X1 - Y	0,414	0,828	Linier
2	X2 - Y	2,260	0,152	Linier
3	X3 - Y	0,831	0,578	Linier

Berdasarkan hasil analisis data dapat diketahui bahwa Korelasi antara *power* otot tungkai dengan ketepatan *smash* bulu tangkis bersifat linier, dengan nilai F sebesar 0,414 dan signifikan 0,828 ( $sig > 0,05$ ). Hubungan antara kekuatan otot lengan dan ketepatan *smash* dalam bulu tangkis menunjukkan pola linier, yang ditunjukkan oleh nilai F sebesar 2,260 dengan tingkat signifikansi 0,152 ( $sig > 0,05$ ). Korelasi antara panjang tungkai dengan ketepatan *smash* bulu tangkis bersifat linier, dengan nilai F sebesar 0,831 dan signifikan 0,578 ( $sig > 0,05$ )

## Uji Hipotesis

### 1. Korelasi antara antara *power* otot tungkai terhadap ketepatan *smash* atlet bulu tangkis

Tabel 1. Koefisien Korelasi Power Otot Tungkai (X1) dengan Ketepatan Smash

No	Variabel	r hitung	r tabel	sig	Keterangan
1	X1-Y	0,749	0,468	0,000	Signifikan

Hasil analisis diatas diperoleh nilai r hitung sebesar 0,749 > r tabel 0,468 dengan nilai signifikansi 0,000 < 0,05, yang berarti terdapat Korelasi yang signifikan antara *power* otot tungkai terhadap ketepatan *smash* atlet bulutangkis PB FIK Universitas Cenderawasih usia 10–14 tahun.

Menurut Harsono (2018), *power* otot tungkai merupakan hasil dari perpaduan antara kekuatan dan kecepatan kontraksi otot yang sangat berpengaruh terhadap kemampuan gerak eksplosif, seperti melompat atau menendang. Selain itu, Bomp & Buzzichelli (2015) menjelaskan bahwa *power* merupakan kemampuan sistem neuromuskular untuk menghasilkan energi puncak atau tenaga maksimal dalam waktu

yang singkat cepat, yang sangat dibutuhkan dalam olahraga dengan intensitas tinggi seperti bulutangkis.

Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Lubis (2013) yang menyebutkan bahwa *power otot tungkai memiliki pengaruh yang besar terhadap tinggi lompatan dan kemampuan melakukan pukulan smash yang efektif dalam bulutangkis*. Dengan demikian, peningkatan power otot tungkai melalui latihan *plyometric training* dan *resistance training* akan berdampak positif terhadap ketepatan dan efektivitas pukulan smash atlet muda. Hasil menunjukkan bahwa latihan lower-limb resistance training (power otot tungkai) secara signifikan meningkatkan kinerja lompatan, kecepatan, dan beberapa aspek teknik termasuk *transfer tenaga* yang penting bagi smash — termasuk peningkatan stabilitas dan power transfer dalam *kinetic chain* yang memengaruhi *velocity* dan *accuracy* smash (Wang et al., 2025). Lompatan tinggi dan power otot tungkai yang lebih baik terbukti meningkatkan kualitas teknik jump smash— dengan indikasi pengaruh pada akurasi smash juga karena peningkatan kontrol dan kontraksi otot yang lebih optimal (Lin et al., 2025).

## 2. Korelasi antara kekuatan otot lengan terhadap ketepatan *smash* atlet bulu tangkis

**Tabel 1.** Koefisien Korelasi Power Otot Tungkai (X1) dengan Ketepatan Smash

No	Variabel	r hitung	r tabel	sig	Keterangan
1	X1-Y	0,671	0,468	0,000	Signifikan

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai r hitung sebesar  $0,671 > r \text{ tabel } 0,468$  dengan nilai signifikansi  $0,000 < 0,05$ , menunjukkan bahwa terdapat Korelasi yang signifikan antara kekuatan otot lengan dengan ketepatan smash atlet bulutangkis.

Kekuatan otot lengan berperan penting dalam mengontrol kecepatan, tenaga, dan arah pukulan. Atlet yang memiliki kekuatan otot lengan yang memadai mampu menciptakan pukulan smash yang cepat dan tepat mengenai target. Menurut Bempa (2010), *kekuatan otot merupakan dasar dari semua kemampuan biomotorik; tanpa*

kekuatan yang memadai, kemampuan seperti kecepatan, daya ledak, dan ketepatan tidak akan optimal.

Selain itu, menurut Schmidt & Wrisberg (2008), *kekuatan otot lengan juga berkorelasi dengan kemampuan kontrol motorik dalam menjaga stabilitas dan akurasi gerakan selama melakukan pukulan*. Dalam konteks bulutangkis, semakin kuat otot lengan atlet, semakin stabil dan terarah pula pukulan yang dihasilkan.

Hasil penelitian ini memperkuat pandangan Harsono (2018) bahwa *kekuatan otot lengan sangat menentukan kecepatan ayunan raket dan kontrol shuttlecock pada pukulan smash*. Oleh karena itu, latihan kekuatan otot lengan seperti *weight training*, *medicine ball throw*, dan *resistance band exercise* sangat direkomendasikan dalam program latihan atlet bulutangkis untuk meningkatkan akurasi dan kekuatan pukulan smash.

### 3. Korelasi antara panjang tungkai terhadap ketepatan *smash* atlet bulu tangkis

**Tabel 1.** Koefisien Korelasi Power Otot Tungkai (X1) dengan Ketepatan Smash

No	Variabel	r hitung	r tabel	sig	Keterangan
1	X1-Y	0,822	0,468	0,000	Signifikan

Hasil uji korelasi menunjukkan bahwa  $r$  hitung sebesar  $0,822 > r$  tabel  $0,468$  dengan signifikansi  $0,000 < 0,05$ , yang berarti terdapat Korelasi yang signifikan antara panjang tungkai terhadap ketepatan smash atlet bulutangkis.

Hal ini sejalan dengan penelitian berikut: "*proporsi segmen tubuh seperti panjang tungkai berpengaruh terhadap kecepatan, jangkauan, dan efisiensi gerakan atlet dalam berbagai cabang olahraga*," (Hay, 1993). "*Panjang tungkai yang lebih besar memiliki Korelasi signifikan dengan komponen performa fisik seperti power otot dan peak anaerobic power ... hal ini dapat dipandang sebagai faktor antropometrik yang memengaruhi kemampuan aksi teknik seperti smash dalam badminton*." (Kwon & Kim, 2025). "*Ketidaksamaan panjang tungkai berpotensi memengaruhi pola biomekanik gerak anggota tubuh bawah, yang berimplikasi pada kemampuan mengontrol tubuh secara efisien saat melakukan teknik pukulan seperti smash*." (Kumar et al., 2023).



“Panjang tungkai merupakan salah satu determinan anatomi yang berkorelasi dengan tinggi lompatan dan power otot tungkai, yang secara tidak langsung dapat mempengaruhi kemampuan eksplosif dalam teknik seperti jump smash.” (Bakti et al., 2024). Dalam konteks bulutangkis, panjang tungkai yang proporsional memudahkan atlet untuk melompat lebih tinggi dan mengatur posisi tubuh saat melakukan smash sehingga shuttlecock dapat diarahkan dengan tepat. Dengan demikian, hasil penelitian ini mengindikasikan bahwa aspek antropometri, khususnya ukuran tungkai, berperan signifikan dalam mendukung kemampuan teknik para atlet bulutangkis, yaitu dalam melakukan *smash*.

#### 4. Korelasi antara *power* otot tungkai, kekuatan otot lengan, dan panjang tungkai terhadap ketepatan *smash* atlet bulu tangkis PB FIK Universitas Cenderawasih usia 10 – 14 tahun

**Tabel 1.** Koefisien Korelasi Power Otot Tungkai (X1) dengan Ketepatan Smash

No	Variabel	F hitung	F tabel	sig	Keterangan
1	X1-Y	27,301	3,80	0,000	Signifikan

Secara bersamaan, didapatkan nilai F yang dihitung yaitu 27,301 yang lebih besar daripada F tabel 3,80 dengan nilai signifikansi 0,000 yang kurang dari 0,05, yang berarti terdapat Korelasi yang signifikan antara power otot tungkai, kekuatan otot lengan, dan panjang tungkai secara bersama-sama terhadap ketepatan smash atlet bulutangkis PB FIK Universitas Cenderawasih usia 10–14 tahun.

*“Anthropometric characteristics such as body height and physical capacities such as counter movement jump (CMJ) height and relative peak power differ significantly across age and sex groups among junior badminton players. These differences in physical capacities (including power output) reflect variations in performance-related capabilities.”* Dengan arti: “Karakteristik antropometrik seperti tinggi badan dan kemampuan fisik seperti tinggi lompatan kontra gerakan (CMJ) dan daya puncak relatif berbeda secara signifikan di antara kelompok usia dan jenis kelamin di antara pemain bulu tangkis junior. Perbedaan dalam kemampuan fisik ini (termasuk daya keluaran) mencerminkan variasi dalam kemampuan yang terkait dengan performa.” (Winata et al.,

2025). Sejalan dengan, analisis biomekanik menegaskan bahwa smash merupakan gerakan eksplosif yang melibatkan kinetic chain dari anggota tubuh bawah ke lengan, memperlihatkan peran *lower limb* power dalam kinerja gerak smash (Tajik et al., 2025).

Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan ketepatan smash bukan hanya dipengaruhi oleh satu faktor fisik saja, melainkan merupakan hasil kombinasi dari kekuatan otot lengan, power otot tungkai, dan proporsi tubuh (panjang tungkai) yang mendukung pergerakan tubuh secara keseluruhan. Ketiga komponen ini bekerja sinergis dalam menghasilkan pukulan smash yang kuat, cepat, dan akurat.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data, pemaparan deskriptif, pengujian statistik, serta pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara power otot tungkai dan ketepatan smash pada pemain bulu tangkis, yang ditunjukkan oleh nilai  $r$  hitung 0,749 lebih besar daripada  $r$  tabel 0,468 dengan signifikansi  $0,000 < 0,05$ . Selain itu, kekuatan otot lengan juga memiliki korelasi yang signifikan dengan ketepatan smash, dibuktikan melalui nilai  $r$  hitung 0,671 yang melampaui  $r$  tabel 0,468 serta nilai signifikansi  $0,000 < 0,05$ . Selanjutnya, panjang tungkai menunjukkan hubungan yang signifikan dengan ketepatan smash, dengan nilai  $r$  hitung 0,822 lebih besar dari  $r$  tabel 0,468 dan signifikansi  $0,000 < 0,05$ . Secara simultan, power otot tungkai, kekuatan otot lengan, dan panjang tungkai memiliki korelasi yang signifikan terhadap ketepatan smash pada atlet bulu tangkis PB FIK Universitas Cenderawasih usia 10–14 tahun, yang ditunjukkan oleh nilai  $F$  hitung 27,301 lebih besar dari  $F$  tabel 3,80 dengan tingkat signifikansi  $0,000 < 0,05$ .

## DAFTAR PUSTAKA

- Bakti, A. P., Kusnanik, N. W., Wahjuni, E. S., Firmansyah, A., Susanto, I. H., & Khuddus, L. A. (2024). The correlation of leg length, jump height, and leg muscle explosive power toward sprint ability. *Retos*, 51, 1463–1468.
- Bompa, T. O., & Buzzichelli, C. (2015). *Periodization Training for Sports* (3rd ed.). Human Kinetics.

- Citra, P., Dewi, P., & Sukadiyanto, S. (2015). *Jurnal Keolahragaan Jurnal Keolahragaan*. 3(2), 228–240.
- Edmizal, E., Barlian, E., Donie, D., Komaini, A., Sin, T. H., Umar, U., Ahmed, M., Singh, A. P., Haryanto, J., & Hidayat, R. A. (2024). Biomechanical analysis of smash stroke in badminton: A Comparative Study of Elite and Recreational Players: a systematic review. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 57, 809–817.
- Farrel, A., Mudjihartono, M., Hambali, B., Hidayat, Y., & Yudiana, Y. (2023). Analysis of Basic Badminton Skills in Elementary School Students. *TEGAR: Journal of Teaching Physical Education in Elementary School*, 6(2), 87–94. <https://doi.org/10.17509/tegar.v6i2.57534>
- Harsono. (2018). *Latihan Kondisi Fisik*. Bandung: Remaja Rosdakarya.
- Hay, J. G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques* (4th ed.). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- 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. *Age (Years)*, 13, 1–9.
- Kumar, P., Singh, R. R. M., Ajithkumar, L., Thilagam, P. K., & Tiroumourougane, K. (2023). Comprehensive scientific examination of leg length discrepancy in junior badminton players. *Journal of Physical Education and Sport*, 23(10), 2804–2812.
- Kwon, H., & Kim, D. (2025). Correlation Between Leg Length and Physical Performance According to Sports Characteristics of Well-Trained Athletes. *Applied Sciences*, 15(7), 3836.
- Lin, X., Hu, Y., & Sheng, Y. (2025). The Effect of Electrical Stimulation Strength Training on Lower Limb Muscle Activation Characteristics During the Jump Smash Performance in Badminton Based on the EMS and EMG Sensors. *Sensors*, 25(2), 577.
- Lubis, J. (2013). *Kondisi Fisik untuk Atlet*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Marpaung, H. I., & Priyonoadi, B. (2020). *The Correlation between Leg-arm Muscle Power and Volleyball Players' Open Smash Ability*. 379–385.

<https://doi.org/10.5220/0009786803790385>

- Marpaung, H. I., Suryansah, S., & Siregar, A. H. (2022). The effect of exercise model and limb length on the accuracy of kuda service in sepak takraw. *Jurnal Keolahragaan*, 10(1), 83–90. <https://doi.org/10.21831/jk.v10i1.47542>
- Munadi, D., Satrianingsih, B., & Bausad, A. A. (2018). Pengaruh Latihan Drill Smash Dan Latihan Kekuatan Otot Lengan Terhadap Kemampuan Smash Pada Pemain Bulutangkis PB SELAGIK JR Lombok Timur Tahun 2018. *JUPE : Jurnal Pendidikan Mandala*, 3(3), 92. <https://doi.org/10.58258/jupe.v3i3.521>
- Pamungkas, K.A.A., Indarto, P. P. (2021). Dampak Metode Latihan Drill dan Strokes Terhadap Ketepatan Arah Smash pada Permainan Bulutangkis. *Jurnal Pendidikan Jasmani*, 2(2), 66.
- Putra, S. S. P., Sobarna, A., & M Rizal, R. (2021). Hasil Ketepatan Smash Dalam Permainan Bulutangkis. *Jurnal Master Penjas & Olahraga*, 2(2), 127–136. <https://doi.org/10.37742/jmpo.v2i2.46>
- Schmidt, R. A., & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor Learning and Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Tajik, R., Dhahbi, W., Fadaei, H., & Mimar, R. (2025). Muscle synergy analysis during badminton forehand overhead smash: integrating electromyography and musculoskeletal modeling. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1596670.
- Taufik, K., & Hulfian, L. (2024). Kontribusi Latihan Smash Satu Arah Dan Latihan Smash Dua Arah Terhadap Ketepatan Smash Bulu Tangkis. *Jurnal Olahraga Dan Kesehatan Indonesia (JOKI)*, 5(1), 33–39.
- 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.
- Winata, B., Brochhagen, J., Apriantono, T., & Hoppe, M. W. (2025). Do anthropometric characteristics and physical capacities of highly trained junior badminton players differ according to age and sex? *BioRxiv*, 2009–2025.