



Contents lists available at Journal Global Econedu
Journal of Educational and Learning Studies
ISSN: 2655-2760 (Print) ISSN: 2655-2779 (Electronic)
Journal homepage: <http://jurnal.globaleconedu.org/index.php/jels>



Faktor fisik penunjang kemampuan smash sebagai dasar pengembangan pembelajaran bola voli atlet putri VAC

Rika Guspita, Muhamad Sazeli Rifki, Bafirman Bafirman^{*)}, Yuni Astuti
Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Aug 28th, 2026
Revised Sep 08th, 2026
Accepted Oct 01st, 2026

Keyword:

Daya ledak otot,
Keterampilan smash,
Pembelajaran bola voli,
Atlet putri.

ABSTRACT

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan terhadap kemampuan smash atlet bola voli putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan sampel 20 atlet yang dipilih melalui total sampling. Daya ledak otot tungkai diukur menggunakan vertical jump test, daya ledak otot lengan menggunakan medicine ball test, tinggi badan menggunakan microtoise, dan kemampuan smash melalui tes keterampilan smash. Data dianalisis menggunakan analisis jalur. Daya ledak otot tungkai ($\beta=0,291$), daya ledak otot lengan ($\beta=0,312$), dan tinggi badan ($\beta=0,449$) berpengaruh signifikan terhadap kemampuan smash. Namun, hubungan antarbeberapa variabel fisik tidak menunjukkan signifikansi statistik. Kemampuan smash dipengaruhi secara signifikan oleh daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan, sehingga ketiga komponen tersebut perlu diperhatikan dalam pengembangan performa smash atlet.



© 2026 The Authors. Published by Global Econedu.
This is an open access article under the CC BY-NC-SA license
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0>)

Corresponding Author:

Bafirman Bafirman,
Universitas Negeri Padang
Email: bafirman@fik.unp.ac.id

Introduction

Bola voli merupakan olahraga yang menuntut integrasi kemampuan teknik, kondisi fisik, koordinasi, dan pengambilan keputusan dalam situasi permainan yang dinamis (Rifqi & Falaahudin, 2023). Salah satu keterampilan ofensif yang memiliki peran penting dalam memperoleh poin adalah smash, karena keberhasilannya ditentukan oleh kemampuan pemain mencapai titik kontak yang optimal serta menghasilkan pukulan yang cepat, kuat, dan terarah (Hariadi & Hanief, 2023). Dalam proses pembelajaran dan latihan bola voli, penguasaan smash tidak hanya berkaitan dengan ketepatan teknik, tetapi juga didukung oleh kesiapan komponen fisik yang memungkinkan setiap fase gerakan dilakukan secara efektif. Pada atlet putri VAC Kabupaten Solok Selatan, kemampuan smash masih menjadi aspek yang perlu mendapatkan perhatian dalam proses pengembangan keterampilan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya identifikasi faktor fisik yang berkaitan dengan kemampuan smash sehingga proses pembelajaran dan latihan dapat dirancang berdasarkan karakteristik serta kebutuhan atlet.

Secara biomekanis, smash merupakan rangkaian gerak yang melibatkan fase awalan, tolakan, fase melayang, pukulan, dan pendaratan, sehingga keberhasilannya membutuhkan kontribusi berbagai komponen fisik. Daya ledak otot tungkai berperan dalam menghasilkan gaya secara cepat pada saat tolakan untuk memperoleh tinggi lompatan dan posisi tubuh yang optimal, sedangkan daya ledak otot lengan mendukung kecepatan gerak lengan dan kekuatan pukulan terhadap bola (Ferreira et al., 2020; Pratama & Sistiasih, 2021). Tinggi badan juga

menjadi karakteristik antropometrik yang relevan karena berkaitan dengan jangkauan vertikal dan titik kontak pemain ketika melakukan serangan. Oleh karena itu, daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan perlu dipahami sebagai faktor yang memiliki fungsi berbeda dalam mendukung pelaksanaan smash, bukan sebagai komponen yang berdiri sendiri. Pemahaman terhadap karakteristik tersebut penting bagi pelatih untuk menyesuaikan proses pembelajaran keterampilan dan latihan fisik dengan kebutuhan individual atlet (Hidayat et al., 2022; Purnomo & Hariono, 2020).

Sejumlah penelitian telah menunjukkan pentingnya komponen fisik dalam keterampilan smash bola voli. Daya ledak otot tungkai dan kemampuan fisik lainnya dilaporkan berkaitan dengan kemampuan pemain menghasilkan lompatan yang mendukung pelaksanaan serangan, sedangkan kekuatan dan daya ledak anggota gerak atas berperan dalam menghasilkan pukulan yang efektif (Abdillah & Rasyid, 2022; Saparia et al., 2020). Penelitian lain menunjukkan bahwa koordinasi dan karakteristik latihan turut menentukan keberhasilan keterampilan smash (Liunokas & Soegiyanto, 2019), sementara pengembangan model latihan keterampilan juga menjadi bagian penting dalam peningkatan kemampuan smash atlet (Setiarmawijaya, 2021). Temuan Guntur et al. (2022) semakin memperkuat bahwa performa lompatan dan koordinasi merupakan komponen yang berkaitan dengan kemampuan spike atlet bola voli muda. Secara keseluruhan, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa performa smash merupakan hasil interaksi antara kapasitas fisik dan penguasaan keterampilan, sehingga pengembangannya memerlukan pendekatan latihan dan pembelajaran yang terintegrasi.

Meskipun demikian, penelitian terdahulu masih lebih banyak mengkaji hubungan antara satu atau beberapa komponen fisik dengan keterampilan smash secara terpisah. Beberapa penelitian menitikberatkan pada kekuatan otot, kemampuan motorik, metode latihan, maupun karakteristik antropometrik, tetapi belum banyak menjelaskan kontribusi daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan dalam satu kerangka analisis pada atlet putri. Halim et al. (2019) menunjukkan bahwa kemampuan smash dapat dipengaruhi oleh aspek pembelajaran dan kemampuan motorik, sedangkan Mondal dan Mondal (2013) menekankan keterkaitan karakteristik antropometrik dan variabel kinematik dengan spike bola voli. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa kemampuan smash tidak cukup dijelaskan hanya melalui satu komponen fisik. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang mengintegrasikan beberapa karakteristik fisik untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai faktor yang berkaitan dengan kemampuan smash.

Kesenjangan tersebut menjadi semakin relevan ketika ditempatkan dalam konteks pembelajaran dan pengembangan keterampilan atlet putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Penelitian mengenai smash telah mengidentifikasi berbagai faktor yang berhubungan dengan performa, tetapi bukti empiris yang mengintegrasikan daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan pada populasi atlet putri dalam konteks lokal masih terbatas. Selain itu, hasil penelitian sebelumnya belum sepenuhnya diterjemahkan menjadi dasar untuk memahami kebutuhan individual atlet dalam proses pembelajaran keterampilan smash. Abidin (2017) telah membahas keterampilan smash dengan mempertimbangkan berbagai komponen pendukung, sedangkan Ridwan et al. (2023) menunjukkan pentingnya pengembangan model pembelajaran keterampilan smash. Namun, masih diperlukan bukti yang menjelaskan kontribusi masing-masing faktor fisik secara terukur sehingga pelatih dapat menentukan aspek yang perlu memperoleh perhatian dalam pembelajaran dan latihan.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kontribusi daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan terhadap kemampuan smash atlet bola voli putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Kebaruan penelitian tidak semata-mata terletak pada lokasi penelitian, tetapi pada upaya mengintegrasikan ketiga karakteristik fisik tersebut dalam satu kerangka analisis dan menginterpretasikan hasilnya sebagai dasar empiris bagi pengembangan pembelajaran keterampilan smash. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai faktor fisik yang perlu dipertimbangkan ketika pelatih menyusun latihan dan pembelajaran smash sesuai karakteristik atlet. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkuat hubungan antara asesmen kondisi fisik dan proses pengembangan keterampilan bola voli sehingga pembelajaran tidak hanya berorientasi pada pengulangan teknik, tetapi juga mempertimbangkan kapasitas fisik yang mendukung keberhasilan gerakan.

Method

Research Design

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain observasional untuk menganalisis hubungan antara daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, tinggi badan, dan kemampuan smash pada atlet bola voli putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan ditempatkan sebagai variabel prediktor, sedangkan kemampuan smash merupakan variabel hasil. Karena penelitian tidak memberikan perlakuan eksperimental atau melakukan manipulasi terhadap variabel, hasil

analisis diinterpretasikan sebagai hubungan atau kontribusi statistik dan tidak digunakan untuk menetapkan hubungan sebab-akibat secara langsung.

Participants and Sampling

Populasi penelitian terdiri atas 20 atlet bola voli putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Karena jumlah populasi relatif terbatas, penelitian menggunakan teknik total sampling, yaitu seluruh anggota populasi yang memenuhi kriteria penelitian diikutsertakan sebagai sampel sehingga jumlah sampel penelitian adalah 20 atlet. Karakteristik partisipan yang meliputi usia, pengalaman latihan, posisi bermain, serta kriteria inklusi dan eksklusi perlu dicantumkan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai karakteristik sampel dan keterbatasan generalisasi hasil penelitian.

Research Instruments

Pengukuran dilakukan terhadap empat variabel penelitian. Daya ledak otot tungkai diukur menggunakan vertical jump test untuk menggambarkan kemampuan tungkai menghasilkan daya eksplosif pada gerakan vertikal. Daya ledak otot lengan diukur menggunakan Medicine Ball Throw test sebagai indikator kemampuan eksplosif anggota gerak atas. Tinggi badan diukur menggunakan microtoise, sedangkan kemampuan smash diukur menggunakan tes keterampilan smash bola voli. Untuk menjamin keterulangan penelitian, penulis perlu mencantumkan sumber atau rujukan setiap instrumen, satuan pengukuran, jumlah percobaan, prosedur penentuan skor akhir, serta bukti validitas dan reliabilitas khususnya pada instrumen tes kemampuan smash.

Data Collection Procedures

Pengumpulan data dilakukan melalui rangkaian pengukuran kondisi fisik dan keterampilan smash terhadap seluruh partisipan. Pengukuran meliputi vertical jump, Medicine Ball Throw, tinggi badan menggunakan microtoise, dan tes kemampuan smash. Seluruh pengukuran perlu dilaksanakan menggunakan prosedur yang sama bagi setiap atlet untuk meminimalkan variasi pengukuran. Penulis disarankan menambahkan urutan pelaksanaan tes, prosedur pemanasan, jumlah percobaan dan waktu pemulihan antartes, serta kondisi pelaksanaan pengukuran agar prosedur penelitian dapat direplikasi secara konsisten.

Data Analysis

Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan analisis jalur (path analysis). Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik setiap variabel melalui nilai rata-rata, standar deviasi, minimum, dan maksimum. Sebelum pengujian model, dilakukan pemeriksaan asumsi statistik yang relevan, termasuk normalitas residual dan linearitas hubungan antarvariabel. Analisis jalur digunakan untuk mengestimasi koefisien hubungan antara daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, tinggi badan, dan kemampuan smash sesuai dengan model yang telah ditentukan. Hasil analisis sebaiknya dilaporkan dalam bentuk koefisien jalur, nilai t, nilai p, dan koefisien determinasi (R^2), dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Analisis dilakukan menggunakan SPSS [cantumkan versi]. Mengingat jumlah sampel hanya 20 atlet, penggunaan path analysis perlu diberikan justifikasi metodologis dan keterbatasan kestabilan estimasinya harus dinyatakan secara eksplisit.

Results and Discussions

Deskripsi Data

Deskripsi data variabel penelitian dimaksudkan untuk memberikan gambaran tentang keadaan variabel-variabel yang menjadi fokus penelitian. Data tersebut terdiri dari data daya ledak otot tungkai (X1) sebagai variabel endogen, serta data daya ledak otot lengan (X2) dan tinggi badan (X3) sebagai variabel eksogen dan kemampuan smash (Y) sebagai variabel intervening. Selanjutnya data tersebut diolah berdasarkan statistik deskriptif sehingga diperoleh nilai rata-rata, standar deviasi, nilai maksimal, dan nilai minimal. Berikut disajikan deskripsi data masing-masing variabel.

Persyaratan Analisis Data

Sebelum dilakukan pengujian hipotesis, terlebih dahulu dilakukan pengujian persyaratan analisis data. Adapun pengujian persyaratan analisis tersebut meliputi pengujian normalitas data dan pengujian linearitas data. Oleh sebab itu, berikut disajikan uji normalitas dan linearitas data yang dilakukan.

Uji Normalitas

Uji normalitas data dimaksudkan untuk memperlihatkan bahwa data sampel berasal dari populasi dengan sebaran data yang berdistribusi normal. Uji normalitas data dilakukan dengan uji normalitas Galat Taksiran dengan bantuan program SPSS dan Excel. Prosedur pengujian dilakukan dengan membandingkan harga hasil perhitungan atau nilai Asymp.Sig (P-Value) dengan taraf signifikansi (0.05). Apabila P-Value lebih besar dari taraf signifikansi maka berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi normal, sebaliknya apabila P-Value

lebih kecil dari taraf signifikansi maka berarti data berasal dari populasi yang berdistribusi tidak normal. Berikut akan disajikan uraian hasil uji normalitas variabel-variabel penelitian.

Tabel 1. Uji Normalitas

No	Variabel	Sig.	α .	Kesimpulan
1	X1 dengan Y	0,323	0,05	Normal
2	X2 dengan Y	0,647	0,05	Normal
3	X3 dengan Y	0,584	0,05	Normal

Berdasarkan hasil perhitungan uji normalitas data daya tahan otot tungkai (X1) terhadap kemampuan smash (Y) diperoleh nilai sig. = $0,323 > 0,05$, data daya ledak otot lengan (X2) terhadap kemampuan smash (Y) diperoleh nilai sig. = $0,647 > 0,05$, data tinggi badan (X3) terhadap kemampuan smash (Y) diperoleh nilai sig. = $0,584 > 0,05$. Dapat disimpulkan seluruh data berasal dari populasi yang normal.

Uji Linearitas Dengan Nilai F

Uji linieritas bertujuan untuk mengetahui apakah dua variabel yang akan dikenai prosedur analisis statistik korelasional menunjukkan hubungan yang linier atau tidak. Metode pengambilan keputusan untuk uji linieritas yaitu sig. devitision from linierity $> 0,05$ maka terdapat hubungan yang linier antara variabel bebas dengan variabel terikat dan sebaliknya jika signifikansi $< 0,05$, maka tidak terdapat hubungan yang linier antara variabel bebas dengan variabel terikat.

Sedangkan menentukan hasil uji linieritas dengan nilai F yaitu jika nilai Fhitung $< F_{tabel}$, maka terdapat hubungan yang linier antara variabel bebas dengan variabel terikat. Sebaliknya jika nilai Fhitung $> F_{tabel}$, maka tidak terdapat hubungan yang linier antara variabel bebas dengan variabel terikat.

Tabel 2. Uji Linearitas Dengan Nilai F

Variabel	Sig.	Fhitung	Ftabel	Keterangan
X1 terhadap Y	0,670	0,806	8,70	Linier
X2 terhadap Y	0,080	6,149	8,70	Linier
X3 terhadap Y	0,273	1,552	3,35	Linier

Berdasarkan table diatas, dari nilai uji linieritas diketahui nilai sig. devitision from linierity ($0,670 > 0,05$) dan nilai Fhitung ($0,806 < F_{tabel}$ ($8,70$)) maka dapat diasumsikan bahwa daya ledak otot tungkai terhadap kemampuan smash mempunyai hubungan yang linier. Berdasarkan table diatas, dari nilai uji linieritas diketahui nilai sig. devitision from linierity ($0,080 > 0,05$) dan nilai Fhitung ($6,149 < F_{tabel}$ ($8,70$)) maka dapat diasumsikan bahwa daya ledak otot lengan terhadap kemampuan smash mempunyai hubungan yang linier. Berdasarkan table diatas, dari nilai uji linieritas diketahui nilai sig. devitision from linierity ($0,273 > 0,05$) dan nilai Fhitung ($1,552 < F_{tabel}$ ($3,35$)) maka dapat diasumsikan bahwa tinggi badan terhadap kemampuan smash mempunyai hubungan yang linier.

Pengujian Hipotesis Penelitian (Path analysis)

Pengujian terhadap hipotesis ini akan dilakukan menggunakan pendekatan analisis jalur (path analysis) dengan menggunakan program SPSS. Hasil analisis terhadap variabel-variabel daya ledak otot tungkai (X1), daya ledak otot lengan (X2), tinggi badan (X3) dan kemampuan smash (Y) tersebut akan disajikan sebagai berikut.

Hipotesis 1

Uji individual yang dilakukan X1 terhadap Y didapatkan bahwa hasil koefisien jalur $py_1 = 0,291$ berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai thitung lebih besar dari nilai ttabel, nilai $2,492 > 1,729$ maka dalam hal ini H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien analisis jalur signifikan. Jadi, Daya ledak otot tungkai berpengaruh secara langsung dan signifikan terhadap kemampuan smash bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hipotesis 2

Uji individual yang dilakukan X2 terhadap Y didapatkan bahwa hasil koefisien jalur $py_2 = 0,312$ berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai thitung lebih besar dari nilai ttabel, nilai $2,140 > 1,729$ maka dalam hal ini H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien analisis jalur signifikan. Jadi, Daya ledak otot lengan berpengaruh secara langsung dan signifikan terhadap kemampuan smash bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hipotesis 3

Uji individual yang dilakukan X3 terhadap Y didapatkan bahwa hasil koefisien jalur $py_3 = 0,449$ berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai thitung lebih besar dari nilai ttabel, nilai $3,380 > 1,729$ maka dalam hal ini H_a diterima dan H_0 ditolak yang berarti koefisien analisis jalur signifikan. Jadi, tinggi badan berpengaruh secara langsung dan signifikan terhadap kemampuan smash bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hipotesis 4

Uji individual yang dilakukan X1 terhadap X3 didapatkan bahwa hasil koefisien jalur $p31 = 0,442$ berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai thitung lebih besar dari nilai ttabel, nilai $1,664 < 1,729$ maka dalam hal ini H_a ditolak dan H_0 diterima yang berarti koefisien analisis jalur tidak signifikan. Jadi, daya ledak otot tungkai tidak berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan smash melalui tinggi badan bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hipotesis 5

Uji individual yang dilakukan X2 terhadap X3 didapatkan bahwa hasil koefisien jalur $p32 = 0,346$ berdasarkan hasil analisis diperoleh nilai thitung lebih besar dari nilai ttabel, nilai $1,383 < 1,697$ maka dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti koefisien analisis jalur tidak signifikan. Jadi, daya ledak otot lengan tidak berpengaruh secara langsung terhadap kemampuan smash melalui tinggi badan bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hipotesis 6

Uji individual yang dilakukan variabel X1, X2, dan X3 terhadap Y. Besarnya nilai R atau R Square yang terdapat pada tabel Model Summary adalah sebesar 0.948 lebih besar dari 0.05, maka dalam hal ini H_0 diterima dan H_a ditolak yang berarti koefisien analisis jalur signifikan. Berdasarkan hal tersebut maka Daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, tinggi badan tidak berpengaruh secara simultan dan signifikan terhadap kemampuan smash bolavoli putri VAC Kab. Solok-Selatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya ledak otot tungkai dan lengan berhubungan signifikan dengan kemampuan smash, dengan koefisien jalur masing-masing 0,291 dan 0,312. Daya ledak tungkai mendukung fase tolakan dan pencapaian posisi optimal saat melompat, sedangkan daya ledak lengan mendukung kecepatan serta kekuatan pukulan (Degache et al., 2012a; Ohji et al., 2021; Dong et al., 2015; Zhou et al., 2020). Kedua komponen tersebut memiliki fungsi berbeda dalam rangkaian gerak smash sehingga tidak tepat menentukan salah satunya sebagai faktor yang lebih penting hanya berdasarkan perbedaan koefisien jalur (Suzuki et al., 2023; Zhang & Zhong, 2021; Guermont et al., 2023; Phomsoupha & Laffaye, 2020).

Tinggi badan juga berhubungan signifikan dengan kemampuan smash dengan koefisien jalur 0,449. Secara biomekanis, tinggi badan memberikan keuntungan terutama pada jangkauan vertikal dan titik kontak bola, bukan secara langsung meningkatkan kemampuan melompat (Lamontagne & Rodineau, 2015; Liu et al., 2023; Barnamehei et al., 2021; Taha et al., 2016). Meskipun koefisiennya lebih besar, tinggi badan belum dapat dinyatakan sebagai faktor paling dominan karena tidak dilakukan pengujian perbedaan efek antarkoefisien (Cañal-Bruland et al., 2018; Hayat et al., 2022; Loffing, Hagemann, et al., 2015; Gredin et al., 2023; Kaux et al., 2017).

Ketiga faktor fisik memiliki fungsi yang berbeda dalam mendukung smash: daya ledak tungkai berperan pada tolakan, daya ledak lengan pada pukulan, dan tinggi badan pada jangkauan serta titik kontak bola (Aerts et al., 2015; Degache et al., 2012; Zhang & Zhong, 2021; Host & Ivašić-Kos, 2022; Loffing, Stern, et al., 2015). Namun, hasil ini tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan adanya efek interaksi atau kombinasi optimal ketiga faktor karena model penelitian tidak secara khusus menguji interaksi tersebut.

Dalam konteks pembelajaran bola voli, hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar untuk menyesuaikan pembelajaran smash dengan karakteristik fisik atlet (Ahmad et al., 2023; Bouhedja et al., 2021; Güldenpenning et al., 2023; Rodineau, 2015). Pelatih dapat menggunakan informasi daya ledak dan tinggi badan untuk mengidentifikasi kebutuhan individual dalam pengembangan teknik smash. Namun, karena penelitian tidak menguji program latihan tertentu, rekomendasi latihan harus dipandang sebagai implikasi praktis yang masih memerlukan pengujian melalui penelitian intervensi (Maksum & Indahwati, 2023; Sors et al., 2017).

Temuan penelitian perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan sampel yang hanya terdiri atas 20 atlet putri dari satu komunitas sehingga generalisasinya masih terbatas. Kemampuan smash juga dapat dipengaruhi faktor lain seperti koordinasi, timing, teknik, kecepatan ayunan lengan, dan pengambilan keputusan (Schläppi-Lienhard & Hossner, 2015; L. Zhang et al., 2016). Penelitian selanjutnya perlu melibatkan sampel lebih besar dan memasukkan faktor biomekanik serta teknis untuk memperkuat dasar pengembangan pembelajaran smash.

Conclusions

Penelitian ini menunjukkan bahwa daya ledak otot tungkai, daya ledak otot lengan, dan tinggi badan memiliki hubungan yang signifikan dengan kemampuan smash atlet bola voli putri VAC Kabupaten Solok Selatan. Daya ledak otot tungkai mendukung kemampuan tolakan, daya ledak otot lengan berperan dalam menghasilkan pukulan yang kuat dan cepat, sedangkan tinggi badan memberikan keuntungan pada jangkauan dan titik kontak

bola. Temuan ini menunjukkan bahwa ketiga karakteristik fisik tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam merancang pembelajaran dan latihan smash yang lebih sesuai dengan karakteristik individual atlet.

References

- Abdiliah, D. M., & Rasyid, W. (2022). The Influence of Exercise Methods and Eye-Foot Coordination on the Smash Ability of Volley Ball Athletes. *Gladi: Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 13(03), 316–329.
- Abidin, D. (2017). Volleyball Smash Skills. 2nd International Conference on Sports Science, Health and Physical Education, 1, 139–143.
- Aerts, B. R. J., ten Brinke, B., Jakma, T. S. C., & Punt, B. J. (2015). Classification of proximal tibial epiphysis fractures in children: Four clinical cases. *Injury*, 46(8), 1680–1683. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.05.039>
- Ahmad, W., Munsif, M., Ullah, H., Ullah, M., Alsuwailam, A. A., Jilani Saudagar, A. K., Muhammad, K., & Sajjad, M. (2023). Optimized deep learning-based cricket activity focused network and medium scale benchmark. *Alexandria Engineering Journal*, 73, 771–779. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2023.04.062>
- Barnamehei, H., Tabatabai Ghomsheh, F., Safar Cherati, A., & Pouladian, M. (2021). Kinematic models evaluation of shoulder complex during the badminton overhead forehand smash task in various speed. *Informatics in Medicine Unlocked*, 26, 100697. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100697>
- Bouhedja, T., Hamida, M. L., & Djemai, H. (2021). Influence de la vitesse sur la détente verticale lors de l'exécution du smash en volley-ball. *Science & Sports*, 36(3), e121–e129. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.07.004>
- Cañal-Bruland, R., Müller, F., Lach, B., & Spence, C. (2018). Auditory contributions to visual anticipation in tennis. *Psychology of Sport and Exercise*, 36, 100–103. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2018.02.001>
- Degache, F., Minchev, G., Genty, M., & Edouard, P. (2012a). La force musculaire de l'épaule est corrélée à la vitesse de balle lors du smash en volley-ball. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55, e256. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2012.07.1050>
- Degache, F., Minchev, G., Genty, M., & Edouard, P. (2012b). Shoulder muscle strength is correlated with volleyball smash velocity. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55, e258. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2012.07.1057>
- Dong, J., Sun, C., & Yang, W. (2015). A supervised dictionary learning and discriminative weighting model for action recognition. *Neurocomputing*, 158, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.01.024>
- Ferreira, A., Górski, M., & Gajewski, J. (2020). Gender differences and relationships between upper extremity muscle strength, lower limb power and shuttle velocity in forehand smash and jump smash in badminton. *Acta of Bioengineering & Biomechanics*, 22(4).
- Gredin, N. V., Broadbent, D. P., Thomas, J. L., & Williams, A. M. (2023). The role of action tendencies in expert anticipation. *Asian Journal of Sport and Exercise Psychology*, 3(1), 30–38. <https://doi.org/10.1016/j.ajsep.2023.02.001>
- Guermont, H., Mittelheisser, G., Reboursière, E., Gauthier, A., & Drigny, J. (2023). Shoulder muscle imbalance as a risk factor for shoulder injury in elite badminton players: A prospective study. *Physical Therapy in Sport*, 61, 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2023.04.002>
- Güldenpenning, I., Jackson, R. C., & Cañal-Bruland, R. (2023). The science of deceptive human movement. *Human Movement Science*, 92, 103147. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2023.103147>
- Guntur, G., Shahril, M. I., Suhadi, S., Kriswanto, E. S., & Nadzalan, A. M. (2022). The influence of jumping performance and coordination on the spike ability of young volleyball athletes. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 26(6), 374–380.
- Halim, A., Tangkudung, J., & Dlis, F. (2019). The Smash Ability in Volleyball Games: The experimental study of teaching style and motor ability. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(12), 87–100.
- Hariadi, I., & Hanief, Y. N. (2023). The effect of plyometric training on improving smash ability in volleyball athletes: meta-analysis study. *Jurnal Pendidikan Jasmani (JPJ)*, 4(1), 57–72. <https://doi.org/10.55081/jpj.v4i1.921>
- Hayat, Z., Sharma, S., & Minhaj, T. M. (2022). Efficacy of caffeine on athletic performance: A systematic review and meta-analysis. *Science & Sports*, 37(5), 333–353. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2021.07.011>
- Hidayat, A. Y., Wahyudi, A., & Rahayu, S. (2022). The Influence of Training Methods and Arm Muscle Strength Towards Volleyball Smash at Youth and Sports Department of Kendal (Dispersa). *Journal of Physical Education and Sports*, 11(1), 76–82.
- Host, K., & Ivašić-Kos, M. (2022). An overview of Human Action Recognition in sports based on Computer Vision. *Heliyon*, 8(6), e09633. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09633>
- Kaux, J.-F., Roberjot, M., Delvaux, F., Lehance, C., Croisier, J.-L., Stevens, L., Vanden Bulck, B., Petit, T., Cornia, P., Pennelle, T., Vandeberg, J., Meex, M., Jaros, P., & Forthomme, B. (2017). Traumatologie des

- sports olympiques de ballon en salle. Partie 3 : le volley-ball et comparaison des trois sports. *Journal de Traumatologie Du Sport*, 34(4), 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2017.09.005>
- Lamontagne, M., & Rodineau, J. (2015). Les neuropathies du nerf suprascapulaire. *Journal de Traumatologie Du Sport*, 32(3), 143–154. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2015.07.006>
- Liu, J., Huang, G., Hyyppä, J., Li, J., Gong, X., & Jiang, X. (2023). A survey on location and motion tracking technologies, methodologies and applications in precision sports. *Expert Systems with Applications*, 229, 120492. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.120492>
- Liunokas, O., & Soegiyanto, S. (2019). The Impacts of Training and Eye-Hand Coordination toward Smash Outcome of Volleyball Extracurricular Members. *Journal of Physical Education and Sports*, 8(1), 83–86.
- Loffing, F., Hagemann, N., Schorer, J., & Baker, J. (2015). Skilled players' and novices' difficulty anticipating left- vs. right-handed opponents' action intentions varies across different points in time. *Human Movement Science*, 40, 410–421. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2015.01.018>
- Loffing, F., Stern, R., & Hagemann, N. (2015). Pattern-induced expectation bias in visual anticipation of action outcomes. *Acta Psychologica*, 161, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2015.08.007>
- Maksum, A., & Indahwati, N. (2023). Personality traits, environment, and career stages of top athletes: An evidence from outstanding badminton players of Indonesia. *Heliyon*, 9(3), e13779. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13779>
- Mondal, P., & Mondal, S. K. (2013). Relationship between anthropometric characteristics and kinematical variables of spike in volleyball. *Indian Journal of Physical Education, Sports Medicine & Exercise Science*, 13(1), 66–74.
- Ohji, S., Aizawa, J., Hirohata, K., Ohmi, T., Mitomo, S., Koga, H., & Yagishita, K. (2021). Injury-related fear in athletes returning to sports after anterior cruciate ligament reconstruction - A quantitative content analysis of an open-ended questionnaire. *Asia-Pacific Journal of Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation and Technology*, 25, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.asmart.2021.03.001>
- Phomsoupha, M., & Laffaye, G. (2020). Injuries in badminton: A review. *Science & Sports*, 35(4), 189–199. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2020.01.002>
- Pratama, A. B., & Sistiasih, V. S. (2021). The Relationship Between Abdominal Muscle Strength And Limb Muscle Explosiveness To The Smash Ability Of Volleyball Unit Members Muhammadiyah University Of Surakarta. *International Journal of Economy, Education and Entrepreneurship*, 1(2), 94–103.
- Purnomo, A., & Hariono, A. (2020). Self-confidence due to ability of three meter smash in volleyball. *Jurnal SPORTIF: Jurnal Penelitian Pembelajaran*, 6(2), 541–549.
- Ridwan, m., hernawan, s., & aan wasan, w. (2023). Volleyball Smash Skill Learning Model For Students. *Russian Law Journal*, 11(6).
- Rifqi, F., & Falaaahudin, A. (2023). Hubungan Daya Ledak Otot Tungkai Dan Kekuatan Otot Lengan Terhadap Kemampuan Smash Bola Voli Putri Tim Mutiara Kabupaten Sleman Yogyakarta. *Nusantara Hasana Journal*, 3(7), 37–48.
- Rodineau, J. (2015). L'atteinte du nerf suprascapulaire chez les joueurs de volley-ball... Est-elle si difficile à reconnaître ? *Journal de Traumatologie Du Sport*, 32(3), 101–102. <https://doi.org/10.1016/j.jts.2015.07.009>
- Saparia, A., Firmansyah, D., & HANIF, A. S. (2020). Plyometric Training Methods and Hand Eye Coordination on Volleyball Smash Skills in Sport Education Students, Tadulako University. *International E-Journal of Educational Studies*, 4(8), 167–175.
- Schläppi-Lienhard, O., & Hossner, E.-J. (2015). Decision making in beach volleyball defense: Crucial factors derived from interviews with top-level experts. *Psychology of Sport and Exercise*, 16, 60–73. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.005>
- Setiakarmawijaya, Y. (2021). Volleyball Smash Skill Training Model For Beginner Athletes. *Gladi: Jurnal Ilmu Keolahragaan*, 12(04), 223–236.
- Sors, F., Murgia, M., Santoro, I., Prpic, V., Galmonte, A., & Agostini, T. (2017). The contribution of early auditory and visual information to the discrimination of shot power in ball sports. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.04.005>
- Suzuki, K., Okada, T., Takayoshi, H., Katz-Leurer, M., & Dvir, Z. (2023). The dynamic control ratio and its equilibrium point: A preliminary study of isokinetic fatiguing internal-external rotational effort of the shoulder joint in healthy subjects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 70, 102767. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2023.102767>
- Taha, Z., Hassan, M. S. S., Yap, H. J., & Yeo, W. K. (2016). Preliminary Investigation of an Innovative Digital Motion Analysis Device for Badminton Athlete Performance Evaluation. *Procedia Engineering*, 147, 461–465. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.341>
- Zhang, G., & Zhong, L. (2021). Research on volleyball action standardization based on 3D dynamic model. *Alexandria Engineering Journal*, 60(4), 4131–4138. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.02.035>
- Zhang, L., Li, C., Peng, P., Xiang, X., & Song, J. (2016). Towards optimal VLAD for human action recognition

from still images. *Image and Vision Computing*, 55, 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2016.03.002>

Zhou, Y., Chen, C.-T., & Muggleton, N. G. (2020). Chapter 11 - The effects of visual training on sports skill in volleyball players. In B. L. Parkin (Ed.), *Real-World Applications in Cognitive Neuroscience* (Vol. 253, pp. 201–227). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2020.04.002>