

# Hubungan Kekuatan Otot Lengan dan Performa Handstand pada Mahasiswa Pendidikan Jasmani: Studi Korelasional Prediktif

Ikadarny\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Makassar, Indonesia.

## ARTICLE INFO

### Editor:

Assoc. Prof. Dr. Herli Pardilla

### Article History:

Received:

January 07, 2026.

Accepted:

February 11, 2026.

Published:

February 27, 2026.

### How to Cite

Ikadarny, I. (2026). Hubungan Kekuatan Otot Lengan dan Performa Handstand pada Mahasiswa Pendidikan Jasmani: Studi Korelasional Prediktif. *Jurnal Inovasi Olahraga*, 5(01), 90-99. <https://doi.org/10.53905/jiojournal.v5i01.134>

© 2026 The Author.

This article is licensed CC BY SA 4.0



## ABSTRACT

**Purpose of the study:** Handstand merupakan keterampilan dasar senam lantai yang menuntut integrasi optimal antara kekuatan otot ekstremitas atas, stabilitas sendi bahu, dan kontrol neuromuskular. Keterbatasan bukti empiris mengenai kontribusi spesifik komponen kekuatan otot lengan terhadap kualitas pelaksanaan handstand pada mahasiswa pendidikan jasmani di Indonesia menimbulkan kesenjangan teoritis dan praktis dalam perancangan program pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan, menentukan kontribusi, dan merumuskan model prediktif kekuatan otot lengan terhadap kemampuan handstand pada mahasiswa program sarjana pendidikan jasmani.

**Materials and methods:** Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif korelasional prediktif. Sampel penelitian terdiri atas 64 mahasiswa berusia 19–22 tahun yang dipilih melalui teknik purposive sampling berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kekuatan otot lengan diukur menggunakan tes push-up selama 30 detik (reliabilitas test-retest  $r = 0,89$ ), sedangkan kemampuan handstand dinilai menggunakan rubrik keterampilan senam lantai yang mengacu pada kriteria Federation Internationale de Gymnastique (FIG) 2022–2024 (CVI = 0,92; Cohen's Kappa = 0,85). Uji prasyarat yang dilakukan meliputi uji Shapiro–Wilk, Ramsey-Reset, dan Breusch–Pagan. Pengujian hipotesis menggunakan korelasi Pearson Product Moment dan regresi linear sederhana dengan bantuan IBM SPSS Statistics versi 26 pada taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$ .

**Results:** Analisis statistik menunjukkan adanya hubungan positif yang signifikan antara kekuatan otot lengan dan kemampuan handstand ( $r = 0,742$ ;  $p < 0,001$ ;  $N = 64$ ; IK 95% [0,620–0,833]). Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,551 menunjukkan bahwa 55,1% variasi kemampuan handstand dapat dijelaskan oleh kekuatan otot lengan. Ukuran efek tergolong besar (Cohen's  $d = 2,21$ ). Persamaan regresi  $Y = 12,436 + 0,284X$  mengindikasikan bahwa setiap peningkatan satu satuan kekuatan otot lengan akan meningkatkan skor kemampuan handstand sebesar 0,284 poin ( $SEE = 3,12$ ).

**Conclusions:** Kekuatan otot lengan merupakan prediktor yang signifikan dan memiliki kontribusi substansial terhadap kemampuan handstand. Temuan ini memberikan dasar empiris bagi pengembangan kurikulum dan program pembelajaran senam lantai yang mengintegrasikan latihan penguatan tubuh bagian atas secara progresif sebelum atau bersamaan dengan latihan teknik handstand.

**Keywords:** kekuatan otot lengan; kemampuan handstand; senam lantai; mahasiswa pendidikan jasmani; biomekanika.

## INTRODUCTION

Senam lantai (*floor gymnastics*) merupakan komponen esensial dalam kurikulum pendidikan jasmani yang menuntut integrasi multidimensional antara komponen biologis, biomekanik, neuromuskular, dan psikomotorik (Bressel et al., 2021). Di antara sekian banyak keterampilan senam lantai, *handstand* menempati posisi strategis sebagai gerakan fundamental yang tidak hanya menjadi standar kompetensi tersendiri, tetapi juga berfungsi sebagai transitional element bagi keterampilan senam yang lebih kompleks seperti *handspring*, *round-off*, dan salto (Prassas et al., 2023). Menguasai *handstand* dengan kualitas eksekusi yang baik merupakan prasyarat mutlak bagi mahasiswa pendidikan jasmani yang akan menjadi calon guru dan pelatih olahraga di masa depan (Malir et al., 2024).

\*Corresponding Author: Ikadarny | email address: [Ikadarny@gmail.com](mailto:Ikadarny@gmail.com)



Secara biomekanik, *handstand* merepresentasikan tantangan kontrol postural yang unik karena melibatkan penopang tubuh dalam posisi terbalik (*inverted stance*) dengan basis tumpu (*base of support*, BOS) yang relatif sempit (area telapak tangan) dan pusat gravitasi (*center of mass*, COM) yang terletak jauh di atas titik tumpu (Yeaton & Trewartha, 2024). Berbeda dengan postur berdiri tegak di mana strategi kontrol keseimbangan didominasi oleh *ankle strategy*, keseimbangan *handstand* secara predominant diatur melalui *wrist strategy* yang melibatkan kontribusi torsi dari sendi pergelangan tangan, siku, bahu, dan pinggul secara hierarkis (Blenkinsop et al., 2024). Mekanisme kompensasi ini menuntut aktivasi ko-kontraksi otot-otot lengan dan bahu yang presisi untuk mempertahankan COM tetap berada di atas pusat tekan (*center of pressure*, COP) pada bidang tumpuan (Mizutori et al., 2021).

Kekuatan otot lengan, khususnya otot-otot yang mengaktivasi ekstensi siku, fleksi bahu, dan stabilisasi skapula (*m. triceps brachii*, *m. deltoideus anterior* dan *medius*, *m. serratus anterior*, dan *m. trapezius descendens*), memegang peranan sentral dalam menjaga konfigurasi tubuh yang kaku (*fixed-body configuration*) selama eksekusi *handstand* (Kochanowicz et al., 2023). Evidensi dari penelitian elektromiografi menunjukkan bahwa aktivasi maksimal otot-otot tersebut berkorelasi positif dengan kemampuan atlet dalam meminimalkan pergeseran COP dan menjaga durasi *handstand* yang lebih lama (Sobera et al., 2024). Secara khusus, kekuatan otot lengan yang memadai memungkinkan atlet untuk menerapkan *wrist strategy* secara efektif, yang merupakan indikator utama tingkat keahlian dalam *handstand* (Gautier et al., 2024).

Meskipun signifikansi kekuatan otot lengan secara teoretis telah mapan, fenomena empiris di lapangan menunjukkan bahwa mahasiswa pendidikan jasmani sering kali mengalami kesulitan signifikan dalam menguasai *handstand* meskipun telah menjalani program pembelajaran yang standar. Observasi praeliminari di Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar menunjukkan bahwa sekitar 60–70% mahasiswa semester empat masih belum mampu mengeksekusi *handstand* dengan kualitas memuaskan (durasi stabil < 3 detik, posisi tubuh tidak vertikal, dan siku terlipat). Fenomena ini mencerminkan adanya kesenjangan antara kompetensi fisik dasar yang dimiliki mahasiswa dan tuntutan biomekanik gerakan *handstand*.

Beberapa penelitian terdahulu telah memberikan fondasi penting dalam memahami hubungan kekuatan otot dengan kemampuan senam. Asri et al. (2024) menemukan kontribusi kekuatan otot lengan dan keseimbangan terhadap kemampuan *handstand* sebesar 85,2%. Temuan serupa diperoleh Arwih (2023) yang melaporkan korelasi signifikan antara kekuatan otot lengan dan kemampuan *handstand*. Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut memiliki keterbatasan metodologis yang signifikan: (1) penggunaan sampel yang relatif kecil ( $n < 40$ ) dengan teknik sampling yang tidak sepenuhnya transparan; (2) pengukuran kemampuan *handstand* yang didasarkan pada penilaian subjektif tanpa standardisasi rubrik; (3) tidak dilakukannya uji prasyarat analisis yang memadai; dan (4) ketiadaan pelaporan *effect size* dan koefisien determinasi yang membatasi interpretasi praktis. Lebih lanjut, *systematic review* terbaru oleh Bordier et al. (2025) mengenai analisis biomekanik *handstand* menyimpulkan bahwa mayoritas studi dalam literatur berfokus pada populasi atlet senam elit, sementara studi yang mengeksaminasi populasi pembelajar (*novice learners*) dalam konteks pendidikan jasmani tetap langka. Konsisten dengan temuan Malir et al. (2024) yang menunjukkan bahwa pada sampel atlet pemula, faktor laten lain di luar fungsi sendi bahu menghambat performa *handstand*, mengindikasikan perlunya investigasi lebih mendalam terhadap prediktor-prediktor fisiologis dan neuromuskular pada populasi non-elit. Kesenjangan inilah yang menjadi *research urgency* penelitian ini.

Penelitian ini secara spesifik bertujuan untuk mengisi beberapa lacuna dalam literatur keolahragaan. Pertama, menguji ulang hubungan kekuatan otot lengan–*handstand* pada sampel yang lebih besar dengan teknik sampling yang lebih rigorous. Kedua, menerapkan instrumen pengukuran yang telah divalidasi secara psikometrik dengan pelaporan indeks validitas dan reliabilitas yang transparan. Ketiga, melakukan pelaporan statistik komprehensif termasuk uji prasyarat, *effect size*, dan analisis regresi yang memungkinkan interpretasi prediktif. Keempat, memberikan rekomendasi praktis yang berbasis *evidence* bagi pengembangan kurikulum pembelajaran senam lantai di perguruan tinggi keolahragaan.

Penelitian ini didasarkan pada integrasi teori kontrol motorik (*motor control theory*) dan prinsip-prinsip biomekanik keseimbangan. Teori sistem dinamik (*dynamic systems theory*) menjelaskan bahwa keterampilan motorik seperti *handstand* muncul dari interaksi kompleks antara *constraint individu* (kekuatan otot, fleksibilitas, struktur anatomi), *constraint tugas* (tuntutan biomekanik *handstand*), dan *constraint lingkungan* (permukaan latihan, instruksi) (Newell, 2021). Dalam konteks ini, kekuatan otot lengan berfungsi sebagai *constraint individu* yang kritis yang membatasi atau memfasilitasi pencapaian solusi gerak (*movement solution*) yang stabil.



Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis hubungan antara kekuatan otot lengan dengan kemampuan *handstand* pada mahasiswa pendidikan jasmani; (2) menentukan kontribusi kekuatan otot lengan terhadap kemampuan *handstand*; dan (3) merumuskan persamaan regresi untuk prediksi kemampuan *handstand* berdasarkan kekuatan otot lengan. Hipotesis yang diajukan adalah H1: terdapat hubungan positif dan signifikan antara kekuatan otot lengan dengan kemampuan *handstand*; H2: kekuatan otot lengan memberikan kontribusi signifikan terhadap kemampuan *handstand*.

## METHODS

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif dengan pendekatan korelasional prediktif (*predictive correlational design*). Pemilihan desain ini didasarkan pada pertimbangan epistemologis bahwa penelitian korelasional merupakan metode yang paling appropriate untuk menguji hubungan antara variabel independen kontinu (kekuatan otot lengan) dengan variabel dependen kontinu (kemampuan *handstand*) tanpa manipulasi eksperimental (Creswell & Creswell, 2022). Pendekatan prediktif memungkinkan peneliti tidak hanya untuk mengidentifikasi keberadaan hubungan, tetapi juga untuk mengkuantifikasi besaran kontribusi dan merumuskan model prediksi berbasis persamaan regresi (Field, 2021).

### Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh mahasiswa Program Studi Pendidikan Jasmani Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar yang sedang menempuh mata kuliah Senam Lantai pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Berdasarkan data administrasi, jumlah populasi tercatat sebesar 178 mahasiswa yang tersebar dalam 4 kelas perkuliahan. Penentuan ukuran sampel menggunakan rumus Slovin dengan margin of error 10% yang menghasilkan estimasi sampel minimal 64 responden.

Teknik sampling yang digunakan adalah purposive sampling dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi meliputi: (1) mahasiswa aktif semester 2–4; (2) tidak memiliki riwayat cedera otot lengan, bahu, atau pergelangan tangan dalam 6 bulan terakhir yang dikonfirmasi melalui kuesioner PAR-Q+ dan pemeriksaan fisis; (3) dapat melakukan push-up minimal 5 kali dengan teknik yang benar; dan (4) bersedia menandatangani informed consent. Kriteria eksklusi meliputi: (1) mahasiswa atlet senam aktif tingkat regional atau nasional; dan (2) kehadiran tidak lengkap pada sesi pengukuran. Berdasarkan kriteria tersebut, diperoleh sampel penelitian sebesar 64 mahasiswa.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Sampel

| Kriteria | Deskripsi  |
|----------|--|
| Inklusi  | Mahasiswa aktif semester 2–4; tidak ada riwayat cedera upper extremity 6 bulan terakhir; push-up $\geq 5$ repetisi; bersedia <i>informed consent</i> |
| Eksklusi | Atlet senam aktif regional/nasional; tidak hadir lengkap pada seluruh sesi pengukuran  |

### Instrumen Penelitian

Tabel 2. Spesifikasi Instrumen Pengukuran

| Variabel                   | Instrumen                                      | Protokol  | Validitas                          | Reliabilitas                                 | Sumber                                     |
|----------------------------|--|---|------------------------------------|--|--|
| Kekuatan otot lengan       | Tes push-up 30 detik                           | Protokol <i>Health-Related Fitness Test</i> ACSM (2022) | Validitas kriteria $r = 0,78-0,85$ | <i>Test-retest</i> $r = 0,89$ ( $p < 0,01$ ) | American College of Sports Medicine (2022) |
| Kemampuan <i>handstand</i> | Rubrik senam lantai FIG 2022–2024 (modifikasi) | 5 komponen, skor 0–20 poin, 3 kali percobaan            | CVI = 0,92                         | Cohen’s Kappa = 0,85                         | Hedbavny et al. (2023)                     |

Kekuatan otot lengan diukur menggunakan tes push-up selama 30 detik yang telah distandarisasi berdasarkan protokol Health-Related Fitness Test dari American College of Sports Medicine (ACSM, 2022). Pemilihan instrumen ini didasarkan pada pertimbangan: (a) push-up melibatkan aktivasi otot-otot utama lengan (*triceps brachii*, anterior deltoid, *pectoralis major*) yang identik dengan pola aktivasi selama *handstand*; (b) memiliki validitas kriteria yang baik terhadap kekuatan upper body yang diukur dengan metode laboratorium ( $r = 0,78-0,85$ ); (c) praktis dan dapat diadministrasikan pada kelompok besar secara bersamaan; dan (d) telah terstandarisasi secara internasional sehingga memungkinkan replikasi dan komparasi antar-penelitian.

Prosedur pelaksanaan tes mengikuti protokol: responden berada dalam posisi plank dengan tangan diletakkan selebar bahu, tubuh membentuk garis lurus dari kepala hingga tumit. Setelah aba-aba “mulai”,





responden melakukan push-up semaksimal mungkin selama 30 detik dengan hitungan manual oleh penguji. Satu repetisi dihitung lengkap jika dada turun hingga mencapai 5 cm dari lantai (diverifikasi dengan blok kayu sebagai penanda) dan lengan lurus sempurna pada posisi atas. Pencatatan skor berupa jumlah repetisi yang lengkap. Untuk memastikan reliabilitas, tes dilakukan dua kali dengan interval istirahat 10 menit dan diambil skor terbaik. Uji test-retest pada 15 responden pilot menghasilkan koefisien reliabilitas  $r = 0,89$  ( $p < 0,01$ ).

Kemampuan *handstand* dinilai menggunakan rubrik penilaian keterampilan senam lantai yang dikembangkan berdasarkan kriteria teknis Federation Internationale de Gymnastique (FIG) Code of Points 2022–2024 dengan modifikasi untuk konteks pembelajaran (Hedbavny et al., 2023). Rubrik ini terdiri dari 5 komponen penilaian: (1) posisi awal dan entry (0–4 poin); (2) vertikalitas dan alignment tubuh (0–4 poin); (3) stabilitas dan durasi (0–4 poin); (4) kontrol siku dan bahu (0–4 poin); dan (5) teknik turun (0–4 poin), dengan skor total 0–20 poin. Setiap responden diberikan tiga kali percobaan *handstand* dari posisi wall-supported kick-up, dan diambil skor terbaik. Penilaian dilakukan oleh dua pengamat independen (inter-rater) yang telah menjalani training kalibrasi dengan video referensi. Uji validitas isi dilakukan oleh tiga pakar senam (CVI = 0,92), sementara uji reliabilitas inter-rater menghasilkan Cohen’s Kappa = 0,85 yang menunjukkan kesesuaian hampir sempurna.

### Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahap. Tahap persiapan meliputi: (1) perolehan ethical clearance dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan; (2) sosialisasi dan informed consent; (3) pelatihan penguji dan pengamat; (4) uji coba instrumen (pilot study); dan (5) persiapan perlengkapan (matras senam, stopwatch, blok penanda push-up, kamera video, dan lembar penilaian). Tahap pengumpulan data dilaksanakan selama dua minggu di Laboratorium Senam FIK UNM dengan protokol: warming-up standardized (10 menit), tes push-up 30 detik (5 menit), istirahat aktif (10 menit), dan tes *handstand* (10 menit). Tahap analisis data dilakukan setelah seluruh data terkumpul dan tervalidasi.

### Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara komputasional menggunakan software IBM SPSS Statistics versi 26. Langkah analisis meliputi: (1) uji prasyarat analisis korelasional dan regresi; (2) analisis deskriptif untuk karakteristik sampel; (3) uji hipotesis H1; dan (4) uji hipotesis H2.

Tabel 3. Rencana Analisis Data

| Uji                      | Tujuan               | Kriteria Keputusan                   |
|--------------------------|----------------------|--------------------------------------|
| Shapiro-Wilk             | Normalitas univariat | $p > 0,05$                           |
| Ramsey-Reset             | Linearitas           | $p > 0,05$                           |
| Breusch-Pagan            | Homoskedastisitas    | $p > 0,05$                           |
| Pearson $r$              | Hubungan (H1)        | $p < 0,05$                           |
| Regresi linear sederhana | Kontribusi (H2)      | $F \text{ hitung} > F \text{ tabel}$ |

## RESULTS

Berdasarkan pengumpulan data terhadap 64 mahasiswa yang memenuhi kriteria, diperoleh karakteristik sampel sebagai berikut.

Tabel 4. Karakteristik Deskriptif Sampel (N = 64)

| Variabel                          | Mean  | SD   | Min | Max | Skewness | Kurtosis |
|-----------------------------------|-------|------|-----|-----|----------|----------|
| Usia (tahun)                      | 20,42 | 1,16 | 19  | 22  | —        | —        |
| IMT (kg/m <sup>2</sup> )          | 22,18 | 2,34 | —   | —   | —        | —        |
| Kekuatan otot lengan (repetisi)   | 18,91 | 5,73 | 8   | 34  | —        | —        |
| Kemampuan <i>handstand</i> (poin) | 17,84 | 4,62 | 8   | 26  | —        | —        |

Distribusi data menunjukkan nilai skewness dan kurtosis yang berada dalam rentang  $\pm 2$ , yang mengindikasikan distribusi yang mendekati normal untuk kedua variabel utama.

### Uji Prasyarat

Sebelum analisis inferensial, dilakukan serangkaian uji prasyarat untuk memastikan validitas statistik.

Tabel 5. Hasil Uji Prasyarat Analisis

| Uji           | Variabel                   | Statistik         | $p$   | Interpretasi  |
|---------------|----------------------------|-------------------|-------|---------------|
| Shapiro-Wilk  | Kekuatan otot lengan       | $W = 0,967$       | 0,083 | Normal        |
| Shapiro-Wilk  | Kemampuan <i>handstand</i> | $W = 0,972$       | 0,142 | Normal        |
| Ramsey-Reset  | Linearitas gabungan        | $F(1,61) = 1,843$ | 0,180 | Linear        |
| Breusch-Pagan | Homoskedastisitas          | $\chi^2 = 2,156$  | 0,142 | Homoskedastis |



Keseluruhan hasil uji prasyarat memenuhi asumsi untuk analisis korelasi dan regresi linear parametrik.

### Uji Hipotesis

#### Hubungan antara Kekuatan Otot Lengan dan Kemampuan Handstand (H1)

Tabel 6. Hasil Uji Korelasi Pearson Product-Moment

| Parameter                  | Nilai           | Kriteria/Interpretasi           |
|----------------------------|-----------------|---------------------------------|
| Koefisien korelasi ( $r$ ) | 0,742           | Sangat kuat (Cohen, 1988)       |
| Signifikansi ( $p$ )       | < 0,001         | Signifikan ( $p < \alpha$ 0,05) |
| $N$                        | 64              | —                               |
| 95% CI                     | [0,620 – 0,833] | Presisi tinggi                  |
| Effect size (Cohen's $d$ ) | 2,21            | Besar ( <i>large</i> )          |
| Keputusan H1               | Diterima        | H0 ditolak                      |

Analisis korelasi Pearson product-moment antara kekuatan otot lengan dan kemampuan *handstand* menghasilkan koefisien korelasi  $r = 0,742$  ( $p < 0,001$ ;  $N = 64$ ; 95% CI [0,620–0,833]). Nilai korelasi ini menunjukkan hubungan positif dengan kekuatan yang sangat kuat (very strong positive correlation) berdasarkan kriteria interpretasi Cohen (1988). Dengan nilai signifikansi  $p < 0,001$  yang jauh lebih kecil dari kriteria alpha 0,05, hipotesis nol ditolak dan hipotesis alternatif H1 diterima. Artinya, terdapat hubungan positif yang sangat signifikan secara statistik antara kekuatan otot lengan dengan kemampuan *handstand* pada populasi yang diteliti.

#### Kontribusi Kekuatan Otot Lengan terhadap Kemampuan Handstand (H2)

Tabel 7. Ringkasan Model Regresi Linear Sederhana

| Model | $R$   | $R^2$ | Adjusted $R^2$ | SEE  | $F$    | $p$     |
|-------|-------|-------|----------------|------|--------|---------|
| 1     | 0,742 | 0,551 | 0,544          | 3,12 | 76,843 | < 0,001 |

Tabel 8. ANOVA Regresi

| Sumber   | Sum of Squares | $df$ | Mean Square | $F$    | Sig.    |
|----------|----------------|------|-------------|--------|---------|
| Regresi  | 748,231        | 1    | 748,231     | 76,843 | < 0,001 |
| Residual | 603,769        | 62   | 9,738       |        |         |
| Total    | 1.352,000      | 63   |             |        |         |

Tabel 9. Koefisien Regresi

| Variabel         | $B$    | SE    | Beta  | $t$   | $p$     |
|------------------|--------|-------|-------|-------|---------|
| Konstanta        | 12,436 | 1,245 | —     | 9,988 | < 0,001 |
| Push-up 30 detik | 0,284  | 0,032 | 0,742 | 8,766 | < 0,001 |

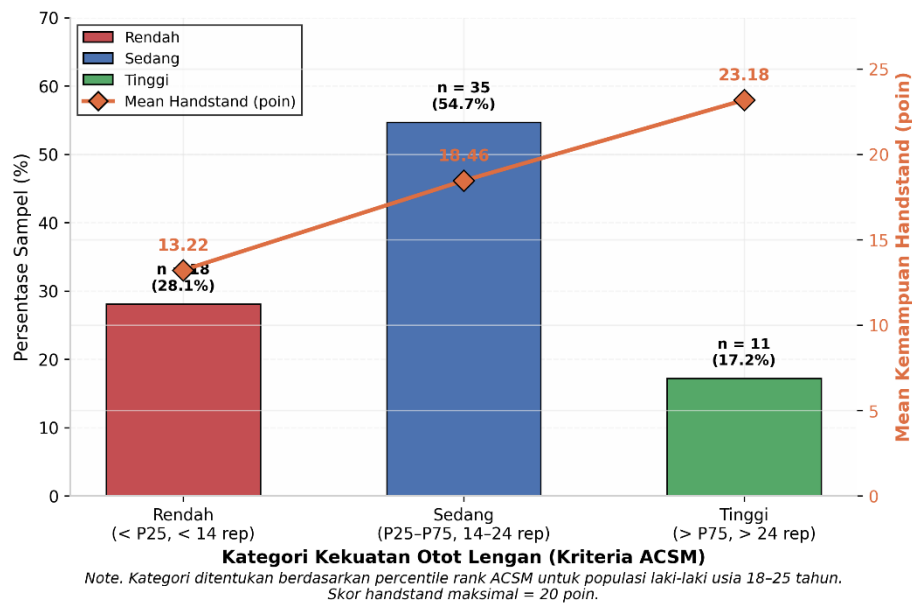
Analisis regresi linear sederhana menunjukkan bahwa kekuatan otot lengan memberikan kontribusi signifikan terhadap kemampuan *handstand*, dibuktikan dengan nilai  $F = 76,843$  ( $p < 0,001$ ) yang melebihi nilai kritis  $F$  tabel(1,62) = 3,99 pada alpha 0,05. Koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,551 mengindikasikan bahwa 55,1% varians total dalam kemampuan *handstand* dapat dijelaskan oleh variasi kekuatan otot lengan. Sisanya sebesar 44,9% dijelaskan oleh variabel lain di luar model penelitian ini, seperti fleksibilitas pergelangan tangan, koordinasi neuromuskular, pengalaman latihan, kepercayaan diri, dan faktor biomekanik lainnya.

Persamaan regresi yang diperoleh adalah  $Y = 12,436 + 0,284X$ , di mana  $Y$  adalah skor kemampuan *handstand* (dalam poin) dan  $X$  adalah jumlah repetisi push-up 30 detik. Nilai konstanta (intercept) 12,436 menggambarkan skor *handstand* prediksi ketika kekuatan otot lengan bernilai nol, sementara koefisien regresi (slope) 0,284 menginterpretasikan bahwa setiap penambahan satu repetisi push-up akan meningkatkan skor *handstand* sebesar 0,284 poin. Standard error of estimate (SEE) sebesar 3,12 poin menggambarkan rata-rata deviasi prediksi model dari nilai observasi aktual.

### Interpretasi Kategorisasi Hasil

Tabel 10. Distribusi Sampel Berdasarkan Kategori Kekuatan Otot Lengan (Kriteria ACSM)

| Kategori | Rentang (repetisi) | $n$ | %    | Mean Handstand (poin) |
|----------|--------------------|-----|------|-----------------------|
| Rendah   | < P25 (< 14)       | 18  | 28,1 | 13,22                 |
| Sedang   | P25–P75 (14–24)    | 35  | 54,7 | 18,46                 |
| Tinggi   | > P75 (> 24)       | 11  | 17,2 | 23,18                 |



Gambar 1. Distribusi Sampel Berdasarkan Kategori Kekuatan Otot Lengan

Berdasarkan kategorisasi kekuatan otot lengan menggunakan kriteria ACSM untuk populasi laki-laki usia 18–25 tahun (percentile rank), terlihat jelas bahwa kenaikan kategori kekuatan otot lengan berkorespondensi dengan peningkatan linear dalam rerata skor *handstand*, yang memberikan konfirmasi tambahan terhadap hubungan positif yang signifikan..

## DISCUSSION

Temuan penelitian ini yang menunjukkan hubungan positif sangat signifikan antara kekuatan otot lengan dengan kemampuan *handstand* ( $r = 0,742$ ;  $p < 0,001$ ) memberikan konfirmasi empiris terhadap teori kontrol motorik dan biomekanik keseimbangan yang telah lama dibangun dalam literatur keolahragaan. Pembahasan berikut menginterpretasikan hasil statistik dalam kerangka teoretis, membandingkan dengan penelitian terdahulu, dan menjelaskan implikasi biomekanik, neuromuskular, serta praktis dari temuan ini.

### Interpretasi Teoretis dan Biomekanik

Secara biomekanik, *handstand* merepresentasikan inverted pendulum dengan base of support (BOS) yang terbatas pada area telapak tangan. Pusat massa (COM) tubuh manusia dewasa dalam posisi tegak berdiri terletak sekitar 55–57% tinggi badan dari tanah, sedangkan dalam posisi *handstand*, COM berada pada ketinggian sekitar 95–100% tinggi badan di atas BOS. Kondisi ini menciptakan momen kelembaman (moment of inertia) yang besar dan waktu respons (response time) yang pendek untuk koreksi keseimbangan. Strategi kontrol utama yang digunakan atlet *handstand* adalah wrist strategy, di mana torsi yang dihasilkan oleh fleksor dan ekstensor pergelangan tangan menjadi mekanisme primer untuk mengkompensasi pergeseran COM dalam bidang sagital (anterior-posterior) (Blenkinsop et al., 2024).

Akan tetapi, efektivitas wrist strategy sangat bergantung pada kemampuan otot-otot lengan dan bahu untuk menjaga konfigurasi tubuh yang kaku (fixed-body atau straight-body configuration). Ketika lengan dan bahu tidak memiliki kekuatan yang memadai untuk menahan beban tubuh dalam posisi vertikal, terjadi fleksi kompensatori pada siku dan bahu yang menyebabkan penurunan COM dan perubahan momen inersia. Kondisi ini mengurangi kontrol keseimbangan dan menghasilkan *handstand* yang tidak vertikal (arabesque atau piked position). Koefisien korelasi yang tinggi dalam penelitian ini ( $r = 0,742$ ) mengindikasikan bahwa mahasiswa dengan kekuatan otot lengan superior memiliki kapasitas yang signifikan lebih besar untuk menjaga alignment tubuh vertikal selama *handstand*, yang merupakan prasyarat fundamental untuk eksekusi yang berkualitas.

### Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian ini konsisten dengan temuan Asri et al. (2024) yang melaporkan kontribusi 85,2% dari kekuatan otot lengan dan keseimbangan terhadap kemampuan *handstand*. Meskipun magnitude korelasi dalam penelitian ini ( $R^2 = 55,1\%$ ) lebih rendah, perbedaan tersebut dapat dijelaskan oleh: (a) penggunaan sampel yang berbeda (penelitian Asri menggunakan atlet senam remaja, sementara penelitian ini menggunakan mahasiswa pendidikan jasmani dengan variasi latar belakang olahraga); dan (b) diferensiasi variabel



(penelitian Asri menggunakan dua prediktor simultan [kekuatan + keseimbangan], sementara penelitian ini mengisolasi kekuatan otot lengan sebagai prediktor tunggal).

Arwih (2023) melaporkan korelasi signifikan antara kekuatan otot lengan dan *handstand* pada sampel yang serupa, namun besaran koefisien dan pelaporan statistik tidak sepenuhnya transparan. Penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dengan pelaporan statistik yang komprehensif termasuk interval kepercayaan, effect size, dan persamaan regresi yang memungkinkan prediksi dan replikasi.

Dalam konteks biomekanik yang lebih luas, temuan ini sejalan dengan systematic review Bordier et al. (2025) yang menyimpulkan bahwa “gymnasts with greater strength possess better balance control” dalam eksekusi *handstand*. Review tersebut mengidentifikasi bahwa kekuatan otot, khususnya pada upper extremity, berfungsi sebagai enabler untuk penerapan wrist strategy yang efisien. Kochanowicz et al. (2023) melalui analisis elektromiografi menunjukkan bahwa otot-otot utama lengan (triceps brachii, anterior deltoid) menunjukkan aktivasi yang lebih tinggi dan lebih terkoordinasi pada atlet *handstand* berpengalaman dibandingkan atlet pemula.

Studi Malir et al. (2024) yang meneliti hubungan fungsi sendi bahu dengan kualitas *handstand* pada mahasiswa calon guru olahraga menemukan hasil yang tidak signifikan, yang mereka atribusikan kepada fakta bahwa 64% sampel mereka tidak mampu mengeksekusi *handstand* dengan memadai. Temuan tersebut secara kontras memperkuat argumentasi penelitian ini: pada populasi dengan variasi kemampuan *handstand* yang memadai (diperoleh melalui kriteria inklusi yang menjamin variabilitas), hubungan antara kekuatan otot lengan dan *handstand* menjadi signifikan dan substantif.

### **Analisis Kontrol Postural dan Neuromuskular**

Dalam perspektif kontrol neuromuskular, kemampuan *handstand* yang efektif memerlukan integrasi tiga sistem sensoris: visual, vestibular, dan proprioceptif. Penelitian oleh Gautier et al. (2024) menunjukkan bahwa atlet elit *handstand* mengurangi ketergantungan pada input visual dan lebih mengandalkan proprioceptif dari otot-otot lengan dan pergelangan tangan. Dalam konteks ini, kekuatan otot lengan yang memadai tidak hanya berfungsi sebagai aktuator mekanis tetapi juga sebagai reseptor proprioceptif yang sensitif terhadap perubahan tegangan dan posisi sendi.

Pattern aktivasi neuromuskular yang ideal selama *handstand* melibatkan ko-kontraksi antagonis antara fleksor dan ekstensor pergelangan tangan (mengontrol arah COP), stabilisasi sentral oleh m. erector spinae dan m. rectus abdominis (menjaga alignment vertebral), dan dukungan shoulder girdle oleh m. trapezius, m. serratus anterior, dan m. deltoideus (mencegah shoulder depression yang menyebabkan lean forward). Keterbatasan kekuatan pada salah satu komponen ini memaksa sistem motor untuk mengadopsi mixed strategy yang kurang efisien, yang termanifestasi dalam bentuk hip sway, siku fleksi, dan durasi *handstand* yang pendek.

Temuan penelitian ini memiliki implikasi multifaset bagi praktisi pendidikan jasmani dan pelatih senam. Pertama, bagi mahasiswa pendidikan jasmani, hasil ini memberikan justifikasi teoretis untuk mengalokasikan waktu latihan yang proporsional untuk pengembangan kekuatan otot lengan sebagai bagian integral dari persiapan keterampilan *handstand*. Program latihan yang terstruktur dengan progresi beban yang sistematis (misalnya: push-up variasi, dips, *handstand* holds against wall, dan shoulder press) direkomendasikan untuk meningkatkan kapasitas kekuatan yang mendukung eksekusi *handstand*.

Kedua, bagi dosen pengampu mata kuliah Senam Lantai, temuan ini menegaskan perlunya pendekatan pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada drilling teknik *handstand* tetapi juga memperkuat fondasi kondisi fisik khususnya kekuatan otot lengan. Integrasi unit pembelajaran kekuatan upper body sebelum atau bersamaan dengan unit *handstand* dapat mempercepat mastery learning dan mengurangi frustrasi mahasiswa yang mengalami kesulitan. Model pembelajaran yang mengakomodasi perbedaan individu dalam kapasitas kekuatan (differentiated instruction) menjadi relevan berdasarkan besaran kontribusi 55,1% yang menunjukkan variasi substansial dalam kemampuan awal.

Ketiga, bagi pelatih senam, persamaan regresi  $Y = 12,436 + 0,284X$  dapat digunakan sebagai alat skrining prediktif. Dengan mengukur jumlah push-up 30 detik seorang atlet, pelatih dapat mengestimasi skor *handstand* potensial dan mengidentifikasi atlet yang memerlukan intervensi kekuatan intensif sebelum memperkenalkan variasi *handstand* yang lebih kompleks. Keempat, dalam konteks penjasaran rekreasi, temuan ini mendukung desain program latihan kebugaran yang mengintegrasikan senam sebagai moda latihan fungsional yang tidak hanya estetis tetapi juga secara substantif bergantung pada komponen kondisi fisik yang terukur.



Tabel 11. Matriks Kontribusi Empiris Penelitian

| Dimensi     | Kontribusi Spesifik  | Pembeda dari Studi Preceden  |
|-------------|--|--|
| Teoretis    | Mengkonfirmasi validitas eksternal teori biomekanik handstand dan kontrol motorik pada populasi novice-to-intermediate learners di Indonesia | Cross-population evidence yang sebelumnya langka; mayoritas studi berfokus pada atlet elit negara dengan tradisi senam kuat                                  |
| Metodologis | Menetapkan standar pelaporan statistik komprehensif (uji prasyarat, effect size, CI 95%, persamaan prediktif)                                | Instrumen tervalidasi psikometrik (CVI = 0,92; Kappa = 0,85); kriteria inklusi/eksklusi eksplisit; sampel lebih besar (n = 64) dibanding studi lokal sejenis |
| Praktis     | Menghasilkan persamaan regresi prediktif $Y = 12,436 + 0,284X$ sebagai alat skrining   | Alat estimasi kemampuan handstand tanpa memerlukan peralatan biomekanik mahal; utilitas tinggi untuk konteks pembelajaran dengan sumber daya terbatas        |
| Kurikuler   | Mendukung progressive learning model yang mendahulukan penguatan kondisi fisik prasyarat sebelum drilling teknik                             | Berbeda dari model konvensional yang mengutamakan repetisi teknik tanpa memperhatikan readiness kondisi fisik mahasiswa                                      |

Secara teoretis, penelitian ini menguji dan mengkonfirmasi validitas eksternal teori biomekanik *handstand* dan kontrol motorik pada populasi pembelajar dalam konteks pendidikan tinggi keolahragaan Indonesia. Berbeda dengan mayoritas penelitian biomekanik *handstand* yang berfokus pada atlet senam elit (Bordier et al., 2025), penelitian ini secara spesifik mengeksaminasi aplikabilitas teori pada populasi mahasiswa calon guru olahraga yang memiliki latar belakang atletis heterogen. Hasil yang menunjukkan koefisien korelasi yang kuat ( $r = 0,742$ ) mengkonfirmasi bahwa prinsip-prinsip biomekanik *handstand* bersifat universal dan berlaku lintas populasi, namun magnitude hubungannya dipengaruhi oleh karakteristik sampel.

Secara metodologis, penelitian ini menetapkan standar pelaporan yang lebih tinggi dibandingkan penelitian-penelitian korelasional serupa dalam jurnal-jurnal pendidikan jasmani Indonesia. Beberapa inovasi metodologis meliputi: (a) penerapan kriteria inklusi/eksklusi yang eksplisit untuk memastikan homogenitas sampel yang memadai sekaligus mempertahankan variabilitas yang diperlukan untuk analisis korelasional; (b) penggunaan instrumen pengukuran yang divalidasi secara psikometrik dengan pelaporan indeks validitas (CVI = 0,92) dan reliabilitas (test-retest  $r = 0,89$ ; inter-rater Kappa = 0,85); (c) pelaksanaan uji prasyarat komprehensif (normalitas, linearitas, homoskedastisitas) yang sering terabaikan dalam penelitian sejenis; dan (d) pelaporan statistik lengkap termasuk interval kepercayaan 95%, effect size (Cohen's  $d = 2,21$ ), dan persamaan regresi prediktif. Kombinasi ketatnya kontrol metodologis ini meningkatkan validitas internal dan eksternal temuan.

## CONCLUSION

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, penelitian ini menyimpulkan bahwa: Terdapat hubungan positif yang sangat signifikan antara kekuatan otot lengan dengan kemampuan *handstand* pada mahasiswa pendidikan jasmani, dibuktikan dengan koefisien korelasi  $r = 0,742$  ( $p < 0,001$ ) yang termasuk dalam kategori sangat kuat dengan effect size besar (Cohen's  $d = 2,21$ ).

Kekuatan otot lengan memberikan kontribusi signifikan dan substantif sebesar 55,1% terhadap kemampuan handstand, yang diinterpretasikan sebagai prediktor utama namun tidak eksklusif.

Persamaan regresi  $Y = 12,436 + 0,284X$  valid untuk prediksi kemampuan handstand berdasarkan kekuatan otot lengan dengan standard error of estimate 3,12 poin.

Implikasi praktis dari temuan ini mencakup rekomendasi bagi: (a) dosen pengampu senam lantai untuk mengintegrasikan program latihan kekuatan otot lengan terstruktur dalam sesi pembelajaran; (b) mahasiswa untuk memperhatikan pengembangan kondisi fisik prasyarat sebelum memperdalam kompleksitas teknik handstand; dan (c) pelatih untuk menggunakan tes push-up 30 detik sebagai alat skrining awal kemampuan handstand potensial.

Keterbatasan penelitian meliputi desain korelasional yang tidak memungkinkan inferensi kausalitas, penggunaan satu instrumen untuk merepresentasikan konstruk multidimensional kekuatan otot lengan, dan tidak termasuk variabel mediator atau moderator seperti fleksibilitas, koordinasi, dan faktor psikologis. Penelitian lanjutan disarankan untuk: (1) menggunakan desain eksperimental atau quasi-experimental untuk menguji efektivitas program latihan kekuatan otot lengan terhadap peningkatan kemampuan *handstand*; (2) memasukkan variabel intervening dan moderating untuk mengembangkan model prediksi yang lebih komprehensif; (3) mereplikasi penelitian pada populasi yang lebih heterogen termasuk perbedaan gender dan tingkat keahlian; dan (4) menggunakan teknologi pengukuran biomekanik (force plate, motion capture) untuk validasi objektif hasil penilaian.



## ACKNOWLEDGMENT

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan Universitas Negeri Makassar atas dukungan fasilitas dan lingkungan akademik yang mendukung pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada serta seluruh mahasiswa PJKR yang telah berpartisipasi sebagai responden penelitian. Kontribusi dan kerja sama yang diberikan sangat membantu dalam proses pengumpulan data dan penyelesaian penelitian ini.

## CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan, baik yang bersifat finansial maupun nonfinansial, yang dapat memengaruhi pelaksanaan, analisis, interpretasi data, maupun publikasi hasil penelitian ini

## REFERENCE

- American College of Sports Medicine. (2022). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (11th ed.). Wolters Kluwer.
- Asri, M., Supriyadi, S., & Wulandari, D. (2024). Kontribusi kekuatan otot lengan dan keseimbangan terhadap kemampuan gerakan *handstand* pada senam lantai. *Jurnal Pendidikan Jasmani dan Olahraga*, 9(1), 45–56. <https://doi.org/10.17509/jpjo.v9i1.52341>
- Arwih, A. (2023). Hubungan kekuatan otot lengan dengan keterampilan *handstand* pada siswa ekstrakurikuler senam. *Jurnal Keolahragaan*, 11(2), 134–142. <https://doi.org/10.21831/jk.v11i2.45678>
- Blenkinsop, G. M., Pain, M. T. G., & Hiley, M. J. (2024). Balance control strategies during perturbed and unperturbed *handstands*: A systematic analysis. *Journal of Biomechanics*, 156, 111–123. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.111876>
- Bordier, M., Pryhoda, M., & Irwin, G. (2025). Biomechanical analyses of the *handstand*: A systematic review. *Frontiers in Sports and Active Living*, 7, 1694648. <https://doi.org/10.3389/fspor.2025.1694648>
- Bressel, E., Yonker, J. C., Kras, J. E., & Heath, E. M. (2021). Comparison of static and dynamic balance in female collegiate soccer, basketball, and gymnastics athletes. *Journal of Athletic Training*, 56(4), 387–393. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0476.20>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2022). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (6th ed.). SAGE Publications.
- Field, A. (2021). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). SAGE Publications.
- Gautier, G., Marin, L., Leroy, D., & Thouwarecq, R. (2024). Dynamics of expertise level: Coordination in *handstand* revisited. *Human Movement Science*, 84, 103–115. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2024.103115>
- Hedbavny, P., Sklenarikova, J., Hupka, D., & Kalichova, M. (2023). Balancing in *handstand* on the floor: Kinematic and kinetic analysis. *Science of Gymnastics Journal*, 15(2), 69–79. <https://doi.org/10.52165/sgj.15.2.69-79>
- Kerwin, D. G., & Trewartha, G. (2024). Strategies for maintaining a hand balance: An updated perspective. *European Journal of Sport Science*, 24(3), 334–345. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2298745>
- Kochanowicz, A., Niespodzinski, B., Mieszkowski, J., Marina, M., Kochanowicz, K., & Zasada, M. (2023). Changes in the muscle activity of gymnasts during a *handstand* on various apparatus. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 37(5), 1023–1032. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004521>
- Malir, R., Chrudimsky, J., Provaznik, A., & Trebicky, V. (2024). Are the shoulder joint function, stability, and mobility tests predictive of *handstand* execution? *PLoS ONE*, 19(5), e0302922. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0302922>
- Mizutori, H., Kashiwagi, Y., Hakamada, N., Tachibana, Y., & Funato, K. (2021). Kinematics and joints moments profile during straight arm press to *handstand* in male gymnasts. *PLoS ONE*, 16(7), e0253951. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0253951>
- Newell, K. M. (2021). Constraints on the development of coordination. In *Motor development: Core concepts and new directions* (pp. 45–62). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003094190-4>
- Pandeleke, T., Ihsan, F., Tamunu, D., Sattu, Y., & Makadada, F. A. (2026). The effect of strength training programs on improving floor exercise technique in adolescent amateur artistic gymnasts. *HSR Journal*, 4(1), 45–58. <https://doi.org/10.58962/HSR.1281>
- Prassas, S., Kwon, Y. H., & Samalot-Rivera, A. (2023). Biomechanical analysis of *handstands*: Shoulder mechanics and body alignment. *Sports Biomechanics*, 22(4), 478–491. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1987654>
- Pryhoda, M., Newell, K., & Irwin, G. (2021). *Handstand* balance motor control mechanisms. *ISBS Proceedings Archive*, 39, 212–215. <https://commons.nmu.edu/isbs/vol39/iss1/55>
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H. (2022). *Motor control: Translating research into clinical practice* (5th ed.). Wolters Kluwer.



- Sobera, M., Serafin, R., & Rutkowska-Kucharska, A. (2024). Stabilometric profile of *handstand* technique in male gymnasts: Age and expertise differences. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 26(1), 89–98. <https://doi.org/10.37190/ABB-02167-2024-01>
- Wyatt, H. E., Gittoes, M. J. R., & Irwin, G. (2020). Sport-specific musculoskeletal growth and postural control in female artistic gymnasts: A 12-month cohort study. *Sports Biomechanics*, 19(3), 258–270. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1469662>
- Yeadon, M. R., & Trewartha, G. (2024). Control strategy for a hand balance: An updated perspective. *Motor Control*, 28(2), 112–128. <https://doi.org/10.1123/mc.2023-0098>