

## Hubungan Tinggi Badan terhadap Fungsional Bahu pada Pitcher Baseball di Bali

Januardha Valerio Itta<sup>1\*</sup>, I Gede Eka Juli Prasana<sup>2</sup>, Ni Luh Nopi Andayani<sup>3</sup>, Anak Agung Gede Angga Puspa Negara<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Fisioterapi, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana

<sup>2</sup>Departemen Fisioterapi, Fakultas Kedokteran, Universitas Udayana

\*Corresponding author: januardhavalerio14@gmail.com

**Abstrak:** *Pitcher baseball* merupakan atlet *overhead* yang memiliki risiko tinggi mengalami gangguan fungsi bahu akibat gerakan *pitching* repetitif dengan beban biomekanik yang tinggi. Tinggi badan dapat membantu meningkatkan kecepatan lempar dari seorang *pitcher* tetapi diduga juga berperan terhadap peningkatan beban mekanik pada bahu selama *pitching* melalui peningkatan panjang lengan, *stride length*, dan torsi pada bahu. Namun, hubungan antara tinggi badan dengan fungsional bahu pada *pitcher baseball* masih belum jelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara tinggi badan dengan fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali. Penelitian menggunakan desain *cross-sectional* dengan 100 *pitcher baseball* dengan usia 15–25 tahun yang dipilih secara *purposive sampling*. Tinggi badan diukur menggunakan stadiometer, sedangkan fungsional bahu diukur menggunakan kuesioner *Kerlan-Jobe Orthopedic Clinic (KJOC) Score*. Analisis statistik menggunakan uji bivariat *Spearman's rho*. Ditemukan hubungan negatif yang signifikan antara tinggi badan dengan skor *KJOC* ( $r=-0,119$  dan  $p=0,240$ ). Temuan ini menunjukkan bahwa tinggi badan tidak memiliki hubungan yang signifikan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali. Fungsional bahu diduga lebih dipengaruhi oleh faktor lain seperti biomekanika *pitching*, kontrol neuromuskular, kekuatan otot, dan adaptasi terhadap aktivitas *pitching* repetitif.

**Kata Kunci:** tinggi badan, fungsional bahu, pitcher baseball, KJOC score.

**Abstract:** *Baseball pitchers are overhead athletes at high risk of shoulder dysfunction due to repetitive pitching movements with high biomechanical loads. Height can help increase a pitcher's throwing velocity but is also thought to contribute to increased mechanical loads on the shoulder during pitching through increased arm length, stride length, and shoulder torque. However, the relationship between height and shoulder function in baseball pitchers remains unclear. This study aimed to determine the relationship between height and shoulder function in baseball pitchers in Bali. The study used a cross-sectional design with 100 baseball pitchers aged 15–25 years selected by purposive sampling. Height was measured using a stadiometer, while shoulder function was measured using the Kerlan-Jobe Orthopedic Clinic (KJOC) Score questionnaire. Statistical analysis used the Spearman's rho bivariate test. A significant negative relationship was found between height and KJOC score ( $r=-0.119$  and  $p=0.240$ ). These findings indicate that height has no significant relationship to shoulder function in baseball pitchers in Bali. Shoulder function is thought to be more influenced by other factors such as pitching biomechanics, neuromuscular control, muscle strength, and adaptation to repetitive pitching activity.*

**Keywords:** height, shoulder function, baseball pitcher, kjoc score.

### Pendahuluan

*Baseball* merupakan olahraga *overhead* yang menuntut koordinasi biomekanik kompleks, khususnya pada posisi *pitcher*. Gerakan *pitching* melibatkan rantai kinetik yang terintegrasi antara ekstremitas bawah, *trunk*, bahu, dan lengan untuk menghasilkan kecepatan dan akurasi lemparan yang optimal (Diffendaffer et al., 2023). Aktivitas *pitching* repetitif menyebabkan sendi bahu menerima beban biomekanik yang sangat tinggi sehingga meningkatkan risiko gangguan fungsi

maupun cedera bahu pada *pitcher baseball*. Gerakan *pitching* terdiri dari beberapa fase, yaitu *windup*, *stride*, *arm cocking*, *acceleration*, *deceleration*, dan *follow-through* (Diffendaffer et al., 2023; Mercier et al., 2020a). Fase *acceleration* dan *deceleration* merupakan fase dengan beban terbesar pada bahu karena terjadi rotasi internal bahu dengan kecepatan sangat tinggi (Ramasamy et al., 2023). Kondisi tersebut dapat meningkatkan stres mekanik pada struktur glenohumeral, *rotator cuff*, dan labrum.

Selain teknik *pitching*, faktor antropometri seperti tinggi badan diduga turut memengaruhi biomekanika *pitching* (Kew et al., 2023). *Pitcher* dengan tinggi badan lebih besar cenderung memiliki panjang lengan dan *stride length* yang lebih panjang sehingga dapat meningkatkan leverage biomekanik dan kecepatan lemparan (J. H. Huang et al., 2022a). Namun, peningkatan leverage tersebut juga dapat meningkatkan torsi glenohumeral dan beban mekanik pada bahu (Diffendaffer et al., 2023).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tinggi badan berkaitan dengan peningkatan risiko nyeri terkait *pitching* akibat peningkatan stres mekanik pada bahu (J. H. Huang et al., 2022a). Namun demikian, hubungan antara tinggi badan dan fungsional bahu belum banyak diteliti secara langsung, terutama menggunakan instrumen spesifik atlet *overhead* seperti *Kerlan-Jobe Orthopedic Clinic (KJOC) Score*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hubungan antara tinggi badan dengan fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali.

## **Metode**

Penelitian ini menggunakan desain studi *cross-sectional* atau potong lintang untuk menganalisis hubungan tinggi badan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali. Penelitian dilaksanakan di Lapangan Lumintang Denpasar dan Lapangan Sepak Bola Bhuana Patra Singaraja pada periode Maret hingga April 2026. Populasi penelitian adalah atlet *baseball* yang berposisi sebagai *pitcher* Bali. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Kriteria inklusi meliputi *pitcher baseball* aktif berusia 15–25 tahun, memiliki pengalaman bermain minimal satu tahun, dan rutin berlatih 2–3 kali per minggu dengan frekuensi lemparan 50–75 lemparan per minggu. Responden yang sedang mengalami cedera bahu akut, memiliki riwayat operasi bahu, *Glenohumeral Internal Deficit (GIRD)*, atau *scapular dyskinesis* dikeluarkan dari penelitian.

Besar sampel dihitung menggunakan aplikasi G\*Power dengan hasil jumlah sampel minimal sebanyak 94 orang. Pengukuran tinggi badan dilakukan menggunakan stadiometer dengan satuan centimeter (cm). Fungsional bahu diukur menggunakan *Kerlan-Jobe Orthopedic Clinic (KJOC) Score* yang merupakan instrumen khusus untuk atlet *overhead* dengan skor maksimum 100. Analisis data dilakukan menggunakan uji korelasi *Spearman rho* dengan tingkat

signifikansi  $p < 0,05$ . Komisi Etik Penelitian (KEP) Fakultas Kedokteran Universitas Udayana telah menyatakan bahwa penelitian ini laik etik dengan No: 1286/UN14.2.2.VII.14/LT/2026.

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil

Pada penelitian ini yang menjadi subjek penelitian adalah *pitcher baseball* yang berada di daerah Bali. Pengambilan subjek penelitian menggunakan teknik *purposive sampling* dan berdasarkan karakteristik tertentu yang telah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi didapat sebanyak 100 orang.

### Analisis Deskriptif

Adapun karakteristik subjek dilihat pada tabel 1. Dan tabel 2. berikut ini:

**Tabel 1. Distribusi Jenis Kelamin Sampel Penelitian**

Variabel	Persentase
Jenis Kelamin (%)	
Laki-laki	55 (55%)
Perempuan	45 (45%)

**Tabel 2. Karakteristik Responden Berdasarkan Usia, Tinggi Badan, Lama Bermain, dan Frekuensi Lemparan**

Variabel	Mean ± SD
Usia	16,99 ± 2,086
Tinggi Badan	163,976 ± 8,913
Lama Bermain	2,96 ± 2,309
Frekuensi Lemparan	63,08 ± 7,058

Subjek penelitian ini didominasi oleh laki-laki berjumlah 55 orang (55%) sedangkan perempuan berjumlah 45 orang (45%). Rerata usia subjek penelitian yaitu 16,99 dengan simpang baku sebesar 2.086. Tinggi badan subjek memiliki rerata 163,976 dengan simpang baku sebesar 8,913. Lama bermain subjek memiliki rerata 2,96 dengan simpang baku sebesar 2,309 dan frekuensi lemparan dengan rerata 63,08 dengan simpang baku sebesar 7,058.

### Analisis Bivariat

Analisis bivariat adalah analisis yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara tinggi badan dengan fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali. Uji analisis yang digunakan adalah dengan uji non-parametrik *spearman rho*. Hasil uji analisis dapat dilihat pada tabel 3. berikut:

**Tabel 2. Hasil Analisis *Spearman Rho* antara Hubungan Tinggi Badan terhadap Fungsional Bahu**

Korelasi Variabel	Korelasi	p Value
Tinggi badan terhadap fungsional bahu pada <i>pitcher baseball</i>	-0,119	0.240

Analisis *Spearman's rho* pada tabel 3. menunjukkan menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi badan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali Dimana nilai  $p=0,240$  ( $p > 0,05$ ) dengan nilai koefisien korelasi sebesar  $-0,119$  bernilai negatif. Hal ini menunjukkan terdapat hubungan yang sangat lemah, tidak signifikan, dan tidak searah antara tinggi badan terhadap *pitcher baseball* di Bali. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi badan dengan fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali.

## **Pembahasan**

### **Karakteristik Subjek**

Penelitian ini melibatkan 100 *pitcher baseball* di Bali. Distribusi jenis kelamin dalam penelitian ini menunjukkan adanya dominasi pada kelompok laki laki sebesar 55%. Komposisi ini mencerminkan kondisi umum dalam olahraga *baseball* yang cenderung didominasi oleh atlet laki-laki, meskipun keterlibatan kelompok lain tetap memberikan variasi data yang penting. Penelitian sebelumnya mendukung bahwa pada laki-laki umumnya memiliki massa otot dan kekuatan ekstremitas atas yang berbeda dengan perempuan sehingga memberikan pengaruh yang berbeda pada stabilitas dan beban mekanik selama *pitching* (Maier, MD et al., 2022). Variasi jenis kelamin ini dapat berpengaruh terhadap performa dan fungsi bahu, mengingat adanya perbedaan karakteristik fisiologis dan biomekanik antar individu.

Karakteristik usia pada sampel penelitian ini didominasi oleh usia 17 dengan 35% dan memiliki rerata usia responden berada pada rentang remaja akhir hingga dewasa muda ( $16,99 \pm 2,086$  tahun). Rentang usia ini menunjukkan adanya variasi tingkat kematangan biologis dalam sampel penelitian. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa karakteristik fisik dan kemampuan atlet *baseball* sangat dipengaruhi oleh usia, di mana terdapat perbedaan signifikan dalam antropometri dan performa antar kelompok usia (Tremblay et al., 2022). Variasi usia ini dapat menyebabkan heterogenitas dalam fungsi bahu, karena proses perkembangan muskuloskeletal yang berbeda dan belum sepenuhnya seragam pada setiap individu.

Karakteristik tinggi badan dalam penelitian ini memiliki rerata tinggi  $163,98 \pm 8,913$  cm dengan tinggi minimum 145,5 cm dan tinggi maksimum 185,5 cm, yang menunjukkan adanya heterogenitas antropometri dalam sampel. Secara teoritis, tinggi badan berkaitan dengan panjang lengan dan keuntungan biomekanik dalam menghasilkan gaya lemparan. Namun demikian, penelitian terbaru menunjukkan bahwa hubungan antara antropometri dan performa *pitching* tidak selalu konsisten dan cenderung dipengaruhi oleh banyak faktor lain (J. H. Huang et al., 2022b). Hal ini menunjukkan bahwa tinggi badan sebagai variabel tunggal tidak cukup untuk menjelaskan variasi fungsi bahu secara menyeluruh.

Lama bermain dalam penelitian ini menunjukkan seberapa lama sampel sudah bermain *baseball*. Berdasarkan hasil penelitian, sampel memiliki rerata bermain  $2,96 \pm 2,309$  tahun dengan rentang 1 hingga 14 tahun, yang menunjukkan variasi pengalaman yang cukup besar. Perbedaan pengalaman ini dapat memengaruhi kemampuan biomekanik dan adaptasi terhadap aktivitas *pitching*. Studi terdahulu menunjukkan bahwa terdapat perbedaan karakteristik yang signifikan antara atlet dengan tingkat pengalaman yang berbeda, terutama dalam hal biomekanika dan performa (Mine et al., 2023a). Atlet dengan pengalaman lebih lama cenderung memiliki teknik yang lebih efisien, namun juga berisiko mengalami akumulasi beban pada bahu.

Frekuensi lemparan dalam penelitian ini relatif homogen dengan rerata  $63,08 \pm 7,058$  kali per minggu. Meskipun variasinya tidak terlalu besar, frekuensi ini tetap menjadi indikator penting dalam beban kerja bahu. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor individual seperti beban latihan, biomekanika, dan kondisi fisik memiliki peran penting dalam menentukan fungsi dan risiko cedera pada bahu (Yanagisawa, 2024). Dengan demikian, frekuensi lemparan tetap menjadi variabel yang perlu dipertimbangkan dalam interpretasi hasil penelitian.

Secara keseluruhan, karakteristik sampel dalam penelitian ini menunjukkan adanya heterogenitas pada bermain, serta relatif homogen pada usia, tinggi badan, dan frekuensi lemparan. Hal ini ditunjukkan oleh nilai koefisien variasi, di mana lama bermain memiliki nilai yang tinggi ( $>30\%$ ), sedangkan variabel lainnya berada dalam kategori homogen ( $<20\%$ ). Temuan ini sejalan dengan penelitian *cross-sectional* terbaru yang menyatakan bahwa karakteristik atlet *baseball* dalam satu populasi dapat sangat bervariasi (Suzuki et al., 2025). Heterogenitas ini menunjukkan bahwa faktor-faktor individu dalam penelitian tidak berdiri sendiri, melainkan saling berinteraksi dalam memengaruhi fungsi bahu.

Dengan demikian, variasi karakteristik sampel dalam penelitian ini dapat menjadi salah satu faktor yang memengaruhi hasil analisis, khususnya dalam menjelaskan lemahnya hubungan antara tinggi badan dan fungsional bahu. Hal ini menguatkan bahwa fungsi bahu pada *pitcher baseball* merupakan hasil dari interaksi multifaktorial, yang meliputi faktor biomekanika, kekuatan otot, serta *range of motion (ROM)*, yang secara simultan memengaruhi beban sendi dan performa *pitching*, sehingga tidak dapat dijelaskan hanya oleh satu variabel antropometri seperti tinggi badan (Trunt et al., 2023; Ueda et al., 2024).

### **Hubungan Tinggi Badan terhadap Fungsional Bahu pada *Pitcher Baseball* di Bali**

Berdasarkan hasil pengujian data antara tinggi badan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali dengan menggunakan analisis non parametrik *spearman rho*, ditemukan nilai  $p = 0.240$  dan nilai koefisien korelasi  $-0,119$ . Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi badan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* di Bali.

Penelitian sebelumnya tidak secara langsung meneliti hubungan antara tinggi badan dengan fungsional bahu, namun menunjukkan bahwa fungsi bahu pada *pitcher* lebih dipengaruhi oleh faktor biomekanik, teknik *pitching*, dan beban berulang. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa fungsional bahu seorang *pitcher* dipengaruhi oleh mekanika *pitching* dan beban berulang (Ejnisman et al., 2021). Hal tersebut didukung oleh penelitian lain, dimana mekanika *pitching* merupakan faktor utama yang menentukan besarnya beban mekanik yang diterima oleh sendi bahu pada *pitcher baseball*. Gerakan *pitching* menghasilkan gaya rotasi dan distraksi yang sangat tinggi pada sendi glenohumeral, sehingga teknik yang tidak optimal dapat meningkatkan stres pada struktur bahu yang dapat menyebabkan penurunan fungsi pada bahu (Kim et al., 2021).

Penelitian lainnya juga menjelaskan bahwa adaptasi dari *pitcher* terhadap beban berulang yang dialami memiliki hubungan terhadap fungsional bahu pada *pitcher* (Potskhveria et al., 2025). Adaptasi yang dimaksud adalah adaptasi neuromuskular dan biomekanik akibat paparan gerakan repetitif jangka panjang, seperti peningkatan koordinasi otot, efisiensi *kinetic chain*, serta optimalisasi kontrol scapular. Studi terbaru menunjukkan bahwa fungsi bahu pada atlet lebih dipengaruhi oleh faktor dinamis seperti kontrol neuromuskular, pola aktivasi otot, dan efisiensi gerakan dibandingkan faktor statis seperti antropometri (Potskhveria et al., 2025). Hal ini menyebabkan perbedaan karakteristik struktural seperti tinggi badan tidak secara langsung memengaruhi fungsional bahu.

Penelitian sebelumnya juga mendukung bahwa fungsional bahu tidak dipengaruhi secara langsung oleh tinggi badan seorang *pitcher* melainkan dipengaruhi oleh aktivasi otot scapular yang berperan sebagai kontrol neuromuskular pada saat gerakan *pitching* (T.-S. Huang et al., 2023). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian lainnya, seorang *pitcher* dengan aktivasi dari otot skapula seperti *seratus anterior* dan *upper trapezius* yang bagus akan membuat gerakan bahu lebih efisien dan berpengaruh terhadap fungsional bahu yang lebih optimal dari *pitcher* tersebut (Nomura et al., 2022). Selain itu, peningkatan rotasi skapula juga berhubungan dengan kekuatan rotasi bahu pada *pitcher baseball* yang menjadi komponen penting dalam performa dan fungsional bahu seorang *pitcher* (Kim et al., 2021).

Penelitian lain yang sejalan mendukung bahwa tinggi badan tidak memiliki hubungan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball*. Penelitian tersebut menyebutkan bahwa tinggi badan, berat badan, serta *workload pitching* tidak memiliki hubungan terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* tetapi menyebutkan bahwa *range of motion* (ROM) dari bahu *pitcher* memiliki hubungan terhadap fungsional bahu (McGraw et al., 2019). Selama fase *pitching Range of Motion* pada bahu memiliki peran penting yaitu gerakan eksternal rotasi yang membantu menyimpan energi yang maksimal dan gerakan internal rotasi yang berperan dalam proses transfer energi yang efisien (Ide

et al., 2024). Akibatnya jika seorang *pitcher* memiliki keterbatasan dalam ROM pada bahunya akan berpotensi mengalami perubahan kinematika dan kinetika yang menyebabkan penurunan fungsional pada bahunya dikarenakan kurangnya peranan dari bahu selama fase *pitching* (Ide et al., 2024). Penelitian lain juga membuktikan bahwa adanya *glenohumeral internal rotation deficit* (GIRD) pada *pitcher baseball* mampu mempengaruhi fungsional bahu dan meningkatkan risiko cedera pada *pitcher* (Abekura et al., 2025).

Penelitian lain yang sejalan juga mendukung bahwa fungsional bahu dipengaruhi oleh variabel performa dan pola lemparan *pitcher* dibandingkan karakteristik fisik statis (Oeding et al., 2024). Selain itu, beban berulang akibat aktivitas *pitching* yang dilakukan secara terus-menerus juga berkontribusi terhadap penurunan fungsi bahu. Cedera pada *pitcher* umumnya terjadi akibat akumulasi beban (*overuse*) dibandingkan trauma akut, yang menyebabkan mikrotrauma jaringan dan gangguan fungsi bahu (Ueda et al., 2024). Selain cedera, *pitcher* juga akan mengalami kondisi *fatigue* akibat dari adanya beban berulang yang ia rasakan (Rusdiana et al., 2020). Akibat dari adanya *fatigue* tersebut, seorang *pitcher* akan cenderung mengubah mekanika *pitching* yang nantinya juga akan berpengaruh terhadap fungsional bahu *pitcher* tersebut (Rusdiana et al., 2020). Hal ini semakin memperkuat bahwa tinggi badan tidak memiliki pengaruh langsung terhadap kondisi fungsional bahu, melainkan efeknya bersifat tidak langsung melalui mekanika *pitching* dan distribusi beban selama aktivitas lempar.

Terdapat juga penelitian yang tidak mendukung hasil penelitian ini. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa karakteristik individu seperti tinggi badan dan berat badan mempengaruhi mekanika *pitching* yang berpengaruh terhadap fungsional bahu pada *pitcher baseball* (Mercier et al., 2020b). Hal ini didukung oleh penelitian lain yang menyebutkan bahwa tinggi badan berpengaruh terhadap kinetika *pitching*, dimana tinggi badan akan mempengaruhi panjang lengan, panjang langkah, serta sudut pelepasan bola (Mine et al., 2023b). Keuntungan mekanis yang dimiliki *pitcher* dengan tinggi badan yang lebih tinggi akan membantu meningkatkan performa yang nantinya akan berhubungan dengan fungsional bahu *pitcher* tersebut (Mercier et al., 2020b).

Hipotesis adanya hubungan antara tinggi badan dan fungsional bahu pada *pitcher baseball* pada penelitian ini tidak terbukti. Ternyata tidak didapatkan hubungan antara tinggi badan dan fungsional bahu pada *pitcher baseball* yang dinilai menggunakan kuisioner *KJOC score* kepada subjek penelitian ( $p > 0,05$ ). Nilai korelasi yang negatif (-1,19) menunjukkan kecenderungan bahwa semakin tinggi badan maka fungsi bahu sedikit menurun meskipun hubungan ini sangat lemah dan tidak signifikan. Secara biomekanik, tinggi badan mempengaruhi panjang lengan yang membuat beban mekanik pada bahu meningkat yang dapat menurunkan fungsional bahu (J. H.

Huang et al., 2022c). Namun, karena nilai korelasi sangat kecil, pengaruh dari biomekanik tidak cukup kuat secara statistik mempengaruhi fungsional bahu pada *pitcher baseball*. Terdapat faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi fungsional bahu, yaitu seperti mekanika *pitching*, adaptasi neuromuskular (aktivasi otot skapula dan ROM dari bahu), serta aktivitas performa *pitching* dari *pitcher* tersebut.

Secara teori, tinggi badan berhubungan dengan panjang lengan dan momen rotasi pada sendi glenohumeral yang dapat meningkatkan beban mekanik pada bahu selama *pitching*. Namun, pada penelitian ini menunjukkan hasil bahwa tidak adanya hubungan yang signifikan antara tinggi badan dan fungsional bahu. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan beban mekanik tidak secara langsung menyebabkan terjadinya penurunan fungsi bahu. Hal ini dapat didasari karena mekanisme adaptasi neuromuskular yang memungkinkan atlet tetap mempertahankan performanya. Peran adaptasi neuromuskular seperti aktivasi yang baik dari otot skapula dan *rotator cuff* mampu membantu distribusi beban yang efisien sehingga mengurangi stres pada bahu (T.-S. Huang et al., 2023). Selain itu, perubahan adaptif seperti peningkatan *external rotation* dan penyesuaian ROM sebagai bentuk kompensasi tubuh dapat membantu mempertahankan performa *pitching* dengan mengurangi stres pada bahu (Paul et al., 2025). Hal ini sejalan dengan penelitian lainnya yang mendukung bahwa faktor antropometri seperti tinggi badan lebih berpengaruh terhadap performa seperti kecepatan lempar dibandingkan *outcome* klinis seperti fungsional bahu (Diffendaffer et al., 2023). Penelitian lainnya juga mendukung bahwa biomekanika *pitching* secara langsung berkaitan dengan adanya peningkatan stres dan torsi pada bahu, namun tidak selalu berkorelasi langsung terhadap fungsional bahu pada *pitcher* (Diffendaffer et al., 2023).

Penggunaan kuesioner *Kerlan-Jobe Orthopedic Clinic (KJOC)* sebagai kuisisioner yang menilai fungsional bahu menjadi hal yang berbeda dari penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya hanya berfokus pada nyeri atau cedera struktural yang terjadi sedangkan dalam penelitian ini menilai fungsi bahu secara komprehensif termasuk performa, kenyamanan, dan partisipasi dalam berolahraga dari seorang *pitcher*. Penelitian validasi terbaru menunjukkan bahwa *KJOC* merupakan alat ukur subjektif yang menilai kemampuan fungsional dan performa atlet *overhead* seperti *pitcher baseball* (Sasagawa et al., 2024; Sukanen et al., 2022). Hasil yang tidak signifikan menunjukkan bahwa faktor antropometri seperti tinggi badan tidak selalu tercermin dalam penurunan fungsi yang dirasakan atlet. Hal ini memperkuat konsep bahwa indikator biomekanik dan indikator klinis merupakan dua domain yang berbeda, di mana perubahan beban mekanik tidak selalu langsung terdeteksi sebagai gangguan fungsi.

Hasil penelitian ini juga mengindikasikan kemungkinan sudah terciptanya adaptasi neuromuskular pada sampel penelitian. Penelitian ini mengontrol variabel lama bermain yaitu dengan minimal

lama bermain 1 tahun sebagai *pitcher* yang membuat menghasilkan terbentuknya adaptasi neuromuskular pada sampel. Adaptasi ini merupakan mekanisme penting yang berkembang pada atlet dengan paparan gerakan *overhead throwing* secara berulang yang mencakup perubahan pola aktivasi otot dan sinergi neuromuskular yang dapat membantu meningkatkan efisiensi gerak serta stabilitas pada sendi bahu. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan atlet *baseball* khususnya posisi *pitcher* mengalami perubahan *muscle energy*, yang di mana terjadinya peningkatan aktivasi otot *rotator cuff* dan stabilitas skapula pada lengan dominan sebagai bentuk adaptasi dari gerakan melempar (Paul et al., 2025). Penelitian lain juga mendukung bahwa aktivitas lemparan berulang akan memicu perubahan kekakuan pada otot bahu sebagai bentuk adaptasi fungsional untuk menjaga stabilitas dan transmisi gaya selama *pitching* (Tsurukami et al., 2024). Peranan adaptasi tersebut membantu meningkatkan koordinasi kinetik chain dan efisiensi transfer energi selama melempar yang dapat membantu mempertahankan performa dan mencegah penurunan fungsional bahu pada *pitcher* (Yanagisawa, 2024). Hal ini didukung dengan penelitian lain yang menyatakan bahwa perubahan yang terjadi pada *pitcher* tidak selalu bersifat patologis, melainkan sebagai bentuk adaptasi protektif yang memungkinkan *pitcher* tetap berfungsi optimal meskipun mengalami paparan beban tinggi secara berulang (Kuhn, 2024). Oleh karena itu, peran dari adaptasi neuromuskular mampu mengompensasi peningkatan beban mekanik melalui peningkatan kontrol gerak dan efisiensi neuromuskular.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa fungsional bahu pada *pitcher baseball* merupakan hasil interaksi multifaktorial yang tidak dapat dijelaskan hanya oleh satu variabel antropometri saja. Adanya variabel kontrol seperti usia, lama bermain, dan frekuensi lemparan menunjukkan bahwa faktor adaptif seperti pengalaman dan intensitas paparan selama latihan kemungkinan memiliki peran yang lebih dominan terhadap fungsional bahu dibandingkan hanya tinggi badan. Hal ini didukung oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa variabel seperti rotasi trunk, koordinasi gerak, dan biomekanika *pitching* memiliki hubungan langsung dengan peningkatan torsi pada bahu dan performa lempar (Tanaka et al., 2024). Hasil penelitian ini memberikan perspektif baru bahwa hubungan antara tinggi badan yang menjadi faktor risiko biomekanik dari *pitching* tidak selalu sejalan dengan fungsi klinis seperti fungsional bahu, hal tersebut dimediasi oleh adanya kemampuan adaptasi neuromuskular pada atlet. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan bahwa fungsional bahu pada *pitcher baseball* merupakan hasil interaksi multifaktorial yang kompleks, sehingga tidak dapat dijelaskan hanya melalui satu variabel antropometri seperti tinggi badan.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap *pitcher baseball* di Bali, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi badan dengan fungsional bahu. Hasil uji korelasi *Spearman* menunjukkan hubungan yang sangat lemah dan tidak signifikan antara kedua variabel tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi badan sebagai faktor antropometri tidak secara langsung memengaruhi fungsional bahu pada *pitcher baseball*. Fungsional bahu pada *pitcher baseball* merupakan hasil dari interaksi multifaktorial yang kompleks dan tidak dapat dijelaskan hanya oleh satu variabel seperti tinggi badan. Selain itu, adanya adaptasi neuromuskular dari *pitcher* diduga dapat membantu mempertahankan fungsional bahu meskipun adanya beban mekanik yang tinggi pada bahu.

## Ucapan Terimakasih

Peneliti berterima kasih kepada para peserta yang secara sukarela untuk penelitian ini, serta para dosen pembimbing dan rekan sejawat di Program Studi Sarjana Fisioterapi Fakultas Kedokteran Universitas Udayana yang memberikan dukungan.

## Referensi

- Abekura, T., Maeda, N., Tashiro, T., Arima, S., Kaizuka, R., Koyanagi, M., Iwata, K., Yoshida, H., Ito, G., Ueda, M., & Yamada, T. (2025). Acute Decrease in Glenohumeral Internal Rotation During Repetitive Baseball Pitching Is Associated with Transient Structural Changes in Medial Longitudinal Arch of Stride Leg: Pilot Study Using Mixed Model. *Sports*, *13*(12). <https://doi.org/10.3390/sports13120446>
- Diffendaffer, A. Z., Bagwell, M. S., Fleisig, G. S., Yanagita, Y., Stewart, M., Cain, E. L., Dugas, J. R., & Wilk, K. E. (2023). The Clinician's Guide to Baseball Pitching Biomechanics. In *Sports Health* (Vol. 15, Number 2, pp. 274–281). SAGE Publications Inc. <https://doi.org/10.1177/19417381221078537>
- Ejnisman, B., Lara, P. H. S., Ribeiro, L. M., & Belangero, P. S. (2021). Ombro do arremessador: Artigo de atualização. *Revista Brasileira de Ortopedia*, *56*(03), 275–280. <https://doi.org/10.1055/s-0040-1702958>
- Huang, J. H., Chen, S. H., & Chiu, C. H. (2022a). Correlation of pitching velocity with anthropometric measurements for adult male baseball pitchers in tryout settings. *PLoS ONE*, *17*(March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265525>
- Huang, J. H., Chen, S. H., & Chiu, C. H. (2022b). Correlation of pitching velocity with anthropometric measurements for adult male baseball pitchers in tryout settings. *PLoS ONE*, *17*(March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265525>
- Huang, J. H., Chen, S. H., & Chiu, C. H. (2022c). Correlation of pitching velocity with anthropometric measurements for adult male baseball pitchers in tryout settings. *PLoS ONE*, *17*(March). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265525>
- Huang, T.-S., Weng, Y.-H., Chang, C.-C., Tsai, Y.-S., & Lin, J. (2023). Pitching biomechanics and shoulder function in baseball pitchers with scapular dyskinesis. *International Journal of Sports Medicine*, *44*(05), 369–375.
- Ide, T., Hamer, T. J., Rosen, A. B., Vogel, C., Haan, D., Knarr, B. A., & Wilkins, S. J. (2024). Limited Total Arc Glenohumeral Rotation and Shoulder Biomechanics During Baseball Pitching. *Journal of Athletic Training*, *59*(10), 997–1003. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0565.23>
- Kew, M. E., Koo, A., Manzi, J. E., Coladonato, C., Estrada, J., Dines, J. S., & Carr, J. B. (2023). Kinematic Parameters Predictive of Pitch Velocity in Youth to Professional Baseball Pitchers: A Qualitative

- Systematic Review. In *Orthopaedic Journal of Sports Medicine* (Vol. 11, Number 11). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/23259671231196539>
- Kim, B. G., Lim, S. K., & Kong, S. (2021). The relationship between scapular upward rotation and shoulder internal and external rotation isokinetic strength in professional baseball pitchers. *Healthcare (Switzerland)*, *9*(6). <https://doi.org/10.3390/healthcare9060759>
- Kuhn, J. E. (2024). Adaptive pathology: new insights into the physical examination and imaging of the thrower's shoulder and elbow. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*, *33*(2), 474–493. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jse.2023.07.031>
- Maier, MD, S., Rudisill, BS, S., Wright, MD, C., Daniell, MD, H., Lydston, MLS, M., & O'Donnell, MD, E. (2022). Sex Differences in Shoulder Anatomy and Biomechanics: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Women's Sports Medicine*, *2*(1), 5–17. <https://doi.org/10.53646/jwsm.v2i1.19>
- McGraw, M. H., Vrla, M., Wang, D., Camp, C. L., Zajac, J. M., Pearson, D., Sinatro, A. A., Dines, J. S., & Coleman, S. H. (2019). Shoulder and Elbow Range of Motion Can Be Maintained in Major League Baseball Pitchers Over the Course of the Season, Regardless of Pitching Workload. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *7*(2). <https://doi.org/10.1177/2325967118825066>
- Mercier, M. A., Tremblay, M., Daneau, C., & Descarreaux, M. (2020a). Individual factors associated with baseball pitching performance: Scoping review. In *BMJ Open Sport and Exercise Medicine* (Vol. 6, Number 1). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000704>
- Mercier, M. A., Tremblay, M., Daneau, C., & Descarreaux, M. (2020b). Individual factors associated with baseball pitching performance: Scoping review. In *BMJ Open Sport and Exercise Medicine* (Vol. 6, Number 1). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmjsem-2019-000704>
- Mine, K., Milanese, S., Jones, M. A., Saunders, S., & Onofrio, B. (2023a). Pitching mechanics and performance of adult baseball pitchers: A systematic review and meta-analysis for normative data. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *26*(1), 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.11.004>
- Mine, K., Milanese, S., Jones, M. A., Saunders, S., & Onofrio, B. (2023b). Pitching mechanics and performance of adult baseball pitchers: A systematic review and meta-analysis for normative data. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *26*(1), 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.11.004>
- Nomura, Y., Toda, H., Katayose, M., Watanabe, S., Yoshida, M., Yoshida, M., & Yamamoto, K. (2022). Relationship between scapular control during isometric shoulder flexion and scapular motion during baseball pitching: a cross-sectional study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-022-00471-9>
- Oeding, J. F., Boos, A. M., Kalk, J. R., Sorenson, D., Verhooven, F. M., Moatshe, G., & Camp, C. L. (2024). Pitch-Tracking Metrics as a Predictor of Future Shoulder and Elbow Injuries in Major League Baseball Pitchers: A Machine-Learning and Game-Theory Based Analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *12*(8). <https://doi.org/10.1177/23259671241264260>
- Paul, R. W., Sirch, F. R., Vata, A., Zhu, E., Alberta, F. G., Erickson, B. J., & Thomas, S. J. (2025). Chronic adaptations of the shoulder in baseball pitchers: a systematic review. *The American Journal of Sports Medicine*, *53*(12), 2984–2994.
- Potskhveria, V., Maskhulia, L., Matiashvili, M., Akhalkatsi, V., Kvinikadze, I., & Pavliashvili, N. (2025). Prevalence and functional impact of shoulder soft tissue injuries in overhead athletes during in-season management. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation (2587-1250)*, *71*(4).
- Ramasamy, Y., Usman, J., Razman, R., Wei, Y. M., Towler, H., & King, M. (2023). A Systematic Review of the Biomechanical Studies on Shoulder Kinematics in Overhead Sporting Motions: Types of Analysis and Approaches. In *Applied Sciences (Switzerland)* (Vol. 13, Number 16). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/app13169463>
- Rusdiana, A., Darmawan, M. S., Syahid, A. M., & Kurniawan, T. (2020). Biomechanical analysis of an overhead baseball throwing movement associated with a cardiorespiratory fatigue effect. *The Open Sports Sciences Journal*, *13*(1).
- Sasagawa, K., Kawabata, M., Takaki, N., Tsuruike, M., Ellenbecker, T. S., Tsuihiji, Y., Watanabe, H., Takahira, N., & Hirose, N. (2024). Reproducibility and Validity of the Kerlan-Jobe Orthopedic

- Clinic Shoulder and Elbow Score (Japanese Version). *Cureus*.  
<https://doi.org/10.7759/cureus.59139>
- Sukanen, M., Pajari, J., Äyrämö, S., Paloneva, J., Waller, B., Häkkinen, A., & Multanen, J. (2022). Cross-cultural adaptation and validation of the Kerlan-Jobe Orthopaedic Clinic shoulder and elbow score in Finnish-speaking overhead athletes. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, *14*(1).  
<https://doi.org/10.1186/s13102-022-00581-4>
- Suzuki, K., Mizoguchi, Y., Kimura, F., Fujisaki, K., Yokoyama, D., Hall, T., & Akasaka, K. (2025). Correlation between muscle strength, swing speed, batting statistics, and body composition parameters in high school baseball players: a retrospective observational study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *39*(2), e135–e141.
- Tanaka, Y., Ishida, T., Ino, T., Suzumori, Y., Samukawa, M., Kasahara, S., & Tohyama, H. (2024). The effects of relative trunk rotation velocity on ball speed and elbow and shoulder joint torques during baseball pitching. *Sports Biomechanics*, *23*(12), 3551–3563.
- Tremblay, M., Tétreau, C., Corbin-Berrigan, L. A., & Descarreaux, M. (2022). Anthropometrics, Athletic Abilities and Perceptual-Cognitive Skills Associated With Baseball Pitching Velocity in Young Athletes Aged Between 10 and 22 Years Old. *Frontiers in Sports and Active Living*, *4*.  
<https://doi.org/10.3389/fspor.2022.822454>
- Trunt, A., Sturdevant, D. A., Adams, L. W., Skelley, N. W., & MacFadden, L. N. (2023). Clinical shoulder measurements related to joint loads in collegiate pitchers. *JSES Reviews, Reports, and Techniques*, *3*(1), 60–66. <https://doi.org/10.1016/j.xrrt.2022.09.004>
- Tsurukami, H., Itoigawa, Y., Uehara, H., Hatae, F., Kubota, A., Mizuno, M., Maezawa, K., Takazawa, Y., & Ishijima, M. (2024). Stiffness changes in shoulder muscles between pitchers and position players after throwing overhead using shear wave elastography and throwing motion analysis. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(7), 2056.
- Ueda, A., Matsumura, A., Shinkuma, T., Oki, T., & Nakamura, Y. (2024). Shoulder kinetic during pitching in baseball players with scapular dyskinesis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *37*, 57–62. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2023.11.012>
- Yanagisawa, O. (2024). Alterations in pitching biomechanics and performance with an increasing number of pitches in baseball pitchers: A narrative review. *PM&R*, *16*(6), 632–643.