

Hubungan antara massa otot terhadap kekuatan otot abduktor dan adduktor pinggul pada *sub-elite* atlet renang gaya dada

Marine Sandanairah^{*1}, Joesoef Roepajadi², Noortje Anita Kumaat³, Awang Firmansyah⁴, Panji Bana⁵

¹Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya Jawa Timur, Indonesia

²Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya Jawa Timur, Indonesia

³Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya Jawa Timur, Indonesia

⁴Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya Jawa Timur, Indonesia

⁵Ilmu Keolahragaan, Fakultas Ilmu Keolahragaan dan Kesehatan, Universitas Negeri Surabaya Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: marine.22149@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Gerakan utama dalam renang, seperti tendangan kaki, rotasi tubuh, serta dorongan dari dinding kolam, sangat bergantung pada koordinasi dan kekuatan otot pinggul. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan massa otot dengan kekuatan otot ABD dan otot ADD pinggul pada atlet renang *sub-elite*. 33 atlet renang yang terdiri dari 20 laki-laki dan 13 perempuan dengan karakteristik (tinggi badan 164.30 ± 7.57 cm, berat badan 56.39 ± 7.58 kg, usia 17.36 ± 1.55 tahun) dilibatkan dalam penelitian. Data komposisi tubuh didapatkan menggunakan alat analisis komposisi tubuh merk InBody 270, data yang digunakan adalah *skeletal muscle mass* (SMM). Sedangkan kekuatan otot ABD dan ADD menggunakan alat *Force-Frame Strength Testing System*. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan signifikan antara massa otot terhadap kekuatan otot ADD kiri (p-value 0.001 dan r-value 0.648), massa otot dengan kekuatan otot ADD kanan (p-value 0.001 dan r-value 0.628), massa otot dengan kekuatan otot ABD kiri (p-value 0.001 dan r-value 0.684), massa otot dengan kekuatan otot ABD kanan (p-value 0.001 dan r-value 0.655). Hasil menunjukkan bahwa massa otot berkontribusi pada kekuatan otot yang lebih spesifik pada otot ABD dan ADD pinggul yang berperan dalam menjaga stabilitas dalam berenang dan tendangan kaki pada gaya dada. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencakup variasi gaya renang yang lebih fokus pada gaya yang lain serta melibatkan atlet *elite* untuk memperoleh pemahaman yang lebih luas mengenai kontribusi massa otot dan kekuatan otot terhadap performa renang.

Kata Kunci: Abduktor, Adduktor, Kekuatan otot, Massa otot, Renang gaya dada

Abstract

The main movements in swimming, such as kicking, body rotation, and push-offs from the pool wall, heavily depend on the coordination and strength of the hip muscles. The purpose of this study is to examine the relationship between muscle mass and the strength of hip ABD and ADD muscles in sub-elite swimmers. A total of 33 swimmers, consisting of 20 males and 13 females with characteristics (height 164.30 ± 7.57 cm, weight 56.39 ± 7.58 kg, age 17.36 ± 1.55 years), were involved in the study. Body composition data were obtained using an InBody 270 body composition analyzer, and the data used were skeletal muscle mass (SMM). Meanwhile, ABD and ADD muscle strength was measured using the Force-Frame Strength Testing System. The results of this study indicated a significant relationship between muscle mass and left ADD muscle strength (p-value 0.001 and r-value 0.648), muscle mass and right ADD muscle strength (p-value 0.001 and r-value 0.628), muscle mass and left ABD muscle strength (p-value 0.001 and r-value 0.684), and muscle mass and right ABD muscle strength (p-value 0.001 and r-value 0.655). The results suggest that muscle mass contributes to more specific muscle strength in the hip ABD and ADD muscles, which play a role in maintaining stability during swimming and the breaststroke kick. Further research is recommended to include variations of swimming strokes focusing on other styles and to involve elite athletes to gain a broader understanding of the contribution of muscle mass and muscle strength to swimming performance.

Keywords: Abductor, Adductor, Breaststroke, Muscle strength, Muscle mass

Copyright © 2026 Author(s)



Received: 14 05 2026

Revised: 16 06 2026

Accepted: 26 06 2026

Authors' Contribution: A – Conceptualization; B – Methodology; C – Software; D – Validation; E - Formal analysis; F – Investigation; G – Resources; H - Data Curation; I - Writing - Original Draft; J - Writing - Review & Editing; K – Visualization; L – Supervision; M - Project administration; N - Funding acquisition

PENDAHULUAN

Berenang merupakan salah satu cabang olahraga air yang populer dan dikenal luas, baik di Indonesia maupun di berbagai belahan dunia. Gerakan utama dalam renang, seperti tendangan kaki, rotasi tubuh, serta dorongan dari dinding kolam, sangat bergantung pada koordinasi dan kekuatan otot pinggul (Amara et al., 2022). Otot pinggul sendiri merupakan elemen utama dari inti tubuh manusia, yang terdiri atas fleksor, ekstensor, abduktor, adduktor, serta rotator internal dan eksternal (Ilona Swiatkowska, Shiraz A. Sabah, Laura Maria Horga, 2023). Selain itu, otot pinggul berfungsi menjaga keseimbangan, postur, dan stabilitas tubuh saat berenang. Otot ini juga berperan dalam mendukung posisi streamline di air, sehingga memungkinkan atlet bergerak lebih efisien sekaligus mengurangi hambatan gerak (Armisesna et al., 2021; Hall et al., 2025; Karatrantou et al., 2019; Lanza et al., 2021). Dalam olahraga renang, kekuatan otot pinggul memegang peranan penting karena berfungsi sebagai fondasi tubuh yang mendukung kinerja otot-otot lainnya sekaligus membantu mencegah cedera, khususnya pada area punggung bawah dan panggul (Hsu et al., 2024).

Skeletal muscle mass (SMM) atau massa otot merujuk pada jumlah atau volume keseluruhan otot dalam tubuh manusia. Massa otot memberikan kontribusi positif terhadap kinerja fisik secara keseluruhan (Komici et al., 2022). Massa otot yang optimal tidak hanya penting untuk mendukung kemampuan fisik, tetapi juga berperan dalam menjaga kesehatan metabolik, meningkatkan kekuatan, serta menunjang daya tahan otot (Reina et al., 2019). Semakin besar massa otot, semakin tinggi pula kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas fisik intens sekaligus menurunkan risiko cedera. Hal ini terutama terlihat pada massa otot pinggul yang berperan menopang tubuh dalam berbagai gerakan (Domínguez-Navarro et al., 2022; Peng et al., 2025). Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa massa otot yang memadai di area abduktor (ABD) dan adduktor (ADD) pinggul sangat berpengaruh terhadap kekuatan serta stabilitas otot sekitar pinggul, yang diperlukan saat berenang gaya dada (Karatrantou et al., 2019). Otot ABD berfungsi menjaga keseimbangan tubuh pada fase awal gerakan, sementara otot ADD berperan meningkatkan kekuatan eksplosif, misalnya pada saat melakukan tendangan kaki gaya dada (Marusic et al., 2024). Secara umum, kekuatan otot merupakan faktor penting yang mendukung efisiensi dan kenyamanan gerak, baik pada aktivitas sederhana maupun aktivitas fisik berat (Komici et al., 2022).

Atlet gaya dada umumnya memiliki karakteristik fisik seperti tinggi badan dan panjang tungkai yang mendukung, rangka tubuh proporsional, dan komposisi tubuh dengan massa otot yang baik (Nicol et al., 2022). Penelitian dari (Gonjo & Olstad, 2023) menunjukkan hasil perenang *elite* memiliki kecepatan *clean-swimming* rata-rata yang lebih tinggi dibanding *sub-elite* di semua lap, dengan keunggulan sekitar 7–11%. Hal ini dikarenakan massa tubuh yang lebih besar pada kelompok *elite*, yaitu sekitar 7 kg lebih berat dibanding *sub-elite*. Sehingga massa otot yang lebih besar berhubungan dengan kemampuan menghasilkan gaya dorong yang lebih kuat pada setiap siklus *stroke*.

Berdasarkan kebutuhan *sub-elite* atlet dalam menunjang performa untuk naik ke level *elite* dan saat berkompetisi, dibutuhkan kemampuan kecepatan dan daya tahan yang optimal dalam berenang. Untuk itu, kekuatan otot menjadi faktor penting yang harus dimiliki atlet. Pada gaya dada, kekuatan otot sangat dipengaruhi oleh otot ABD dan ADD yang berperan besar dalam gerakan tendangan kaki (Jaenada-Carrilero et al., 2024). Tendangan kaki sendiri berfungsi sebagai tenaga pendorong sekaligus pengatur keseimbangan tubuh, sehingga menjadi modal penting bagi keberhasilan dalam berenang (Armisesna et al., 2021). Oleh karena itu, latihan penguatan otot ABD dan ADD perlu diberikan untuk mendukung performa perenang secara maksimal.

Hasil penelitian sebelumnya telah menunjukkan korelasi antara massa otot dengan kekuatan otot (Lintin & Miranti, 2019), tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hubungan massa otot terhadap kekuatan otot spesifik otot pinggul pada otot ABD dan otot ADD, khususnya pada atlet *sub-elite*. Penelitian ini juga bertujuan menghasilkan data yang dapat digunakan sebagai dasar untuk intervensi pelatihan, seperti latihan spesifik untuk memperkuat otot ABD dan ADD, guna meningkatkan performa *sub-elite* atlet. Hipotesis pada penelitian ini adalah bahwa semakin tinggi massa otot yang besar maka kekuatan otot ABD dan ADD juga semakin besar.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif dengan pendekatan korelasional dan rancangan *cross-sectional*, yang bertujuan untuk mengetahui hubungan antara massa otot rangka (Skeletal Muscle Mass) dengan kekuatan otot abduktor dan adduktor pada atlet renang *sub-elite*. Desain korelasional dipilih karena penelitian ini berfokus pada identifikasi hubungan antarvariabel tanpa melakukan intervensi atau manipulasi terhadap subjek (Sugiyono, 2020). Pendekatan *cross-sectional* digunakan karena seluruh data dikumpulkan pada satu waktu

pengukuran, sehingga memungkinkan peneliti memperoleh gambaran hubungan antarvariabel secara efisien dan representatif terhadap kondisi aktual partisipan (Sofya et al., 2024).

Partisipan

Subjek penelitian ini terdiri dari 33 sampel atlet renang *sub-elite*, 13 atlet perempuan dan 20 atlet laki-laki dengan rentang usia 16 sampai 23 tahun. Terdapat kriteria yang memengaruhi karakteristik dan menjadi dasar untuk menentukan subjek memenuhi syarat tertentu. Terdapat kriteria inklusi yaitu : 1) Subjek merupakan atlet cabang olahraga renang Jawa Timur; 2) Subjek memiliki rentang umur 16 sampai 23 tahun; 3) Subjek sedang dalam keadaan sehat pada saat melakukan tes. Terdapat pula kriteria eksklusi yaitu: 1) Subjek sedang dalam keadaan cedera atau tidak sehat secara fisik; 2) Subjek yang memiliki umur dibawah 16 tahun dan diatas 23 tahun; 3) Subjek yang sedang atau dalam proses pengobatan atau pemulihan pasca cedera.

Instrumen Penelitian

Pengukuran massa otot tubuh dilakukan menggunakan alat analisis komposisi tubuh InBody 270. Alat ini lebih banyak menghasilkan data yang lebih akurat dari alat pengukuran komposisi tubuh yang lainnya (Czartoryski et al., 2020). Proses pengukuran dilakukan sesuai dengan prosedur standar yang telah ditentukan, di mana subjek penelitian diinstruksikan untuk melepas kaos kaki dan meletakkan barang-barang seperti jam tangan, handphone dan semacamnya. Pertama, alat ini akan mendeteksi berat badan secara otomatis, kemudian setelah hasil berat badan muncul selanjutnya subjek akan diminta untuk mengisi data seperti ID, tinggi badan dan usia pada perangkat. Lalu, subjek memegang elektroda dan meletakkan ibu jari pada elektroda yang berbentuk oval. Subjek diharapkan memposisikan lengan agar tetap lurus kesamping menjauh dari tubuh dan tetap rileks selama tes berlangsung. InBody akan memberikan skor pengukuran komposisi tubuh secara keseluruhan. Hasil analisis berupa massa otot tubuh total dihasilkan secara otomatis oleh perangkat dan dicatat dalam format digital untuk dianalisis lebih lanjut.

Kekuatan isometrik otot ABD dan ADD pinggul dikumpulkan menggunakan perangkat *Force-Frame Strength Testing System* (Vald Performance Albion, Australia), menggunakan prosedur protokol yang ada pada panduan *support vald. ForceFrame* memiliki reliabilitas yang tinggi dan validitas yang baik dalam mengukur kekuatan isometrik (Arp et al., 2024). Subjek penelitian ditempatkan dalam posisi berbaring tengkurap dengan lutut ditekuk 60 derajat dan pinggul distabilkan sesuai protokol standar alat. Setiap subjek diminta untuk memberikan usaha maksimal terhadap resistensi alat untuk gerakan otot ABD dan ADD, masing-masing

selama 3 detik, dengan tiga kali pengulangan untuk setiap sisi otot. Nilai kekuatan isometrik terbaik dari tiga pengukuran dicatat sebagai data akhir.

Analisis Data

Data yang dikumpulkan dari tes dan pengukuran yang dilakukan pada atlet diolah menggunakan IBM SPSS *Statistics* 23. Analisis data statistik dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan uji statistik deskriptif numerik untuk menggambarkan data, uji shapiro-wilk untuk menguji normalitas data, dan uji korelasi pearson untuk menganalisis hubungan antara variabel dengan nilai signifikansi ($p\text{-value} < 0.05$, dan $r\text{-value}$ sebagai nilai koefisien korelasi untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antar variable (interval koefisien: 0.00-0.199 = sangat rendah; 0.20-0.39 = rendah; 0.40-0.59 = sedang; 0.60-0.79 = tinggi; 0.80-1.00 = sangat tinggi).

HASIL

Pada tabel 1 sebanyak 33 atlet dilibatkan dalam penelitian ini dengan laki laki dan perempuan memiliki jumlah yang berbeda, responden laki-laki yang menjadi dominan sebanyak 20 orang (60.6%) dan perempuan berjumlah 13 orang (39.4%). Rentang usia 16 – 19 tahun menjadi yang terbanyak sejumlah 30 orang (90%), usia 20 – 23 tahun berjumlah 3 orang (9.1%). Rentang tinggi badan 148 – 167 cm sebanyak 24 orang (72.7%), tinggi badan 168 – 186 cm berjumlah 9 orang (27.3%). Rentang berat badan 38 – 53 kg berjumlah 11 orang (33.3%) dan 54 – 69 kg menjadi yang terbanyak sejumlah 22 orang (66.7%).

Tabel 1. Karakteristik umum responden

Karakteristik	N = 33	
	n	%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	20	60.6%
Perempuan	13	39.4%
Usia (tahun)		
16 – 19	30	90.9%
20 – 23	3	9.1%
Tinggi Badan (cm)		
148 – 167	24	72.7%
168 – 186	9	27.3%
Berat Badan (kg)		
38 – 53	11	33.3%
54 – 69	22	66.7%

Untuk variable massa otot dan kekuatan otot, baik ABD maupun ADD menunjukkan distribusi normal. Hasil uji normalitas massa otot rangka/SMM (25.71 ± 4.63 kg) berdistribusi

normal ($p > 0.05$), kekuatan otot ABD kiri (255.27 ± 51.33 N), ABD kanan (256.51 ± 51.75 N), ADD kiri (266.08 ± 55.13 N), dan ADD kanan (267.28 ± 55.53 N) seluruhnya tidak berbeda signifikan dari distribusi normal ($p > 0.05$).

Tabel 2. Hasil uji normalitas dari massa otot dan tes kekuatan otot abduktor dan adduktor

Variabel	Mean \pm SD	p-value
<i>Skeletal Muscle Mass (SMM)</i>	25.71 \pm 4.63	0.315
<i>Left abductor</i>	255.27 \pm 51.33	0.478
<i>Right abductor</i>	256.51 \pm 51.75	0.556
<i>Left adductor</i>	266.08 \pm 55.13	0.174
<i>Right adductor</i>	267.28 \pm 55.53	0.071

Pada tabel 3 hasil korelasi antara massa otot tubuh dengan kekuatan otot ABD dan otot ADD pada atlet renang *sub-elite*. Terdapat hasil yang menunjukkan ada hubungan yang signifikan antara massa otot tubuh dengan kekuatan otot ADD kiri (p-value 0.001 dan r-value 0.648), massa otot tubuh dengan otot ADD kanan (p-value 0.001 dan r-value 0.628), massa otot tubuh dengan otot ABD kiri (p-value 0.001 dan r-value 0.684), massa otot tubuh dengan otot ABD kanan (p-value 0.001 dan r-value 0.655), nilai r-value dari keempat korelasi menunjukkan hubungan yang tinggi.

Tabel 3. Korelasi Antara Massa Otot Tubuh dengan Kekuatan ADD dan ABD

	<i>Left ADD</i>	<i>Right ADD</i>	<i>Left ABD</i>	<i>Right ABD</i>
<i>SMM</i>	.001	.001	.001	.001
	r = .648	r = .628	r = .684	r = .655

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara massa otot dengan kekuatan otot ADD maupun ABD pada atlet renang *sub-elite*. Hal ini menegaskan bahwa peningkatan massa otot secara otomatis juga mendukung peningkatan kekuatan otot ABD dan ADD. Menurut (Komici et al., 2022), massa otot merupakan komponen penting dalam mendukung kinerja fisik karena berkontribusi terhadap kekuatan, daya tahan, dan stabilitas otot. Dalam konteks renang, otot ABD dan ADD berperan penting dalam menjaga stabilitas dan efisiensi gerakan (Solana-Tramunt et al., 2025). Temuan ini konsisten dengan pendapat (Keiner et al., 2021) yang mengatakan bahwa faktor kekuatan otot, baik ekstremitas atas maupun bawah, memiliki kontribusi signifikan terhadap performa renang. Kondisi ini relevan dengan kebutuhan atlet renang gaya dada, karena fase tendangan sangat menekankan fungsi ADD untuk mengarahkan tungkai ke dalam dan menghasilkan gaya dorong yang optimal (Silva et al., 2022).

Pada hasil rata-rata kekuatan otot ABD kanan lebih tinggi dibandingkan kiri, begitu juga pada ADD kanan yang lebih tinggi dari kiri. Perbedaan ini tidak menunjukkan perbedaan yang jauh, akan tetapi ada pola bahwa sisi kanan terlihat lebih dominan. Hal ini dapat terjadi karena faktor kecenderungan dominasi motorik pada sisi kanan tubuh terutama pada ekstremitas bawah. Dominasi ini terjadi karena frekuensi penggunaan tungkai kanan lebih tinggi dalam aktivitas sehari-hari seperti menendang, melangkah pertama, atau menopang tubuh (Promsri et al., 2020). Dominasi sisi kanan juga berkaitan dengan aktivasi otot yang lebih cepat dan kuat akibat adaptasi sistem saraf. Menurut penelitian (Aslam et al., 2025), asimetri saraf otot pada tungkai bawah sering terjadi pada atlet maupun non-atlet, di mana sisi dominan memiliki kemampuan menghasilkan gaya lebih besar.

Pada gaya dada, kontraksi ADD berperan dalam fase tendangan mendorong, sedangkan ABD membantu dalam kontrol gerakan awal dan menjaga rentang gerak pinggul tetap optimal (Olstad et al., 2020). Sementara itu, pada gaya kupu-kupu, punggung dan bebas koordinasi ADD–ABD diperlukan untuk mendukung hentakan kaki yang ritmis (Yamakawa et al., 2022). Namun kontraksi otot ABD dan ADD pada gaya dada memiliki pola yang berbeda dari gaya renang lainnya. Keseimbangan kekuatan kedua kelompok otot ini penting karena ketidakseimbangan dapat menyebabkan asimetri gerakan yang berpotensi meningkatkan hambatan dan menurunkan efisiensi gerak (Bartolomeu et al., 2022). Dengan demikian, massa otot yang disertai peningkatan kekuatan fungsional berperan langsung dalam mendukung mekanisme teknik renang. Temuan ini memberi pemahaman bahwa performa tinggi dalam olahraga bukan hanya ditentukan oleh kemampuan teknik atau koordinasi, tetapi juga oleh dasar fisik berupa massa dan kekuatan otot yang memadai (Xiao et al., 2025).

Menurut (Kim et al., 2025) tidak hanya massa otot saja yang memiliki pengaruh terhadap kekuatan otot, melainkan kualitas otot meliputi volume otot, komposisi serat otot, dan efisiensi neuromuskular lebih berpengaruh terhadap kekuatan otot. Dengan demikian, hasil dalam penelitian ini menegaskan bahwa atlet dengan massa otot yang tinggi namun berkualitas rendah belum tentu memiliki kekuatan otot ADD dan ABD yang optimal. Oleh karena itu, pengembangan kekuatan otot sebaiknya tidak hanya difokuskan pada peningkatan massa otot, tetapi juga pada peningkatan kualitas jaringan otot. Menurut (Sterczala et al., 2024) program latihan campuran (resistensi dan interval) selama waktu tertentu dapat menghasilkan *hypertrofi* serat tipe I dan tipe IIa yang berarti pembesaran ukuran sel atau pembesaran ukuran serat otot sehingga otot terlihat lebih besar dan lebih kuat. .

Selain itu, (Marusic et al., 2024) menekankan pentingnya keseimbangan rasio kekuatan antara otot ADD dan ABD dalam pencegahan cedera. Mereka menegaskan bahwa atlet dengan

rasio kekuatan ADD–ABD yang tidak seimbang memiliki risiko lebih tinggi mengalami cedera pada area sekitar sendi pinggul. Peningkatan massa otot yang diikuti oleh bertambahnya kekuatan ADD dan ABD dapat meningkatkan stabilitas pinggul, sehingga berpotensi menurunkan risiko cedera (Moreno-Pérez et al., 2022), khususnya pada gerakan rotasional yang dominan dalam teknik renang gaya dada. Maka, ini menjadi dasar penting dalam perancangan program latihan yang menekankan pengembangan kekuatan fungsional dengan mempertahankan rasio kekuatan yang seimbang. Studi dari (Roepajadi et al., 2025), menyatakan bahwa pemulihan optimal (*massage* dan *hot water immersion*) juga mampu meningkatkan power otot tungkai sehingga dapat meningkatkan performa untuk kekuatan otot tungkai dalam gerakan kaki gaya dada.

Penelitian ini memiliki keterbatasan dari jumlah sampel yang sedikit dan hanya berasal dari kelompok tertentu sehingga belum bisa digeneralisasikan untuk kelompok atlet secara luas. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat literatur yang menyatakan bahwa massa otot berkontribusi terhadap kekuatan otot, tetapi pengaruh tersebut akan lebih akurat jika dikombinasikan dengan pengembangan kualitas otot dan keseimbangan kekuatan antar kelompok otot. Penelitian ini juga memiliki kelebihan berbasis pengukuran kuantitatif (massa otot, kekuatan ABD dan ADD), sehingga hasilnya lebih objektif dibandingkan studi yang hanya berbasis observasi atau kualitatif. Selain itu, tidak banyak penelitian yang secara khusus menyoroti hubungan massa otot dengan kekuatan ABD dan ADD, padahal kedua kelompok otot ini sangat penting dalam menghasilkan tendangan gaya dada.

KESIMPULAN

Massa otot berkontribusi signifikan terhadap kekuatan otot, khususnya pada otot ABD dan ADD pinggul yang berperan dalam menjaga stabilitas dalam berenang dan tendangan kaki pada gaya dada. Namun demikian, kekuatan yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh faktor lain, seperti kualitas jaringan otot, jenis latihan, dan teknik gerakan. Keseimbangan rasio antara otot ABD dan ADD menjadi faktor penting dalam menurunkan risiko cedera sekaligus menjadi dasar dalam perancangan program latihan berbasis kekuatan fungsional, serta membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut pada populasi atlet *elite* maupun non-atlet. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mencakup variasi gaya renang yang lebih fokus pada gaya yang lain serta melibatkan atlet *elite* untuk memperoleh pemahaman yang lebih luas mengenai kontribusi massa otot dan kekuatan otot terhadap performa renang. Program latihan bagi atlet renang *sub-elite* perlu dirancang secara menyeluruh, tidak hanya menargetkan peningkatan

massa otot, tetapi juga memperhatikan keseimbangan kekuatan fungsional, kualitas otot, serta pencegahan risiko cedera melalui pemantauan rasio kekuatan otot pinggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Amara, S., Barbosa, T. M., Chortane, O. G., Hammami, R., Attia, A., Chortane, S. G., & van den Tillaar, R. (2022). Effect of Concurrent Resistance Training on Lower Body Strength, Leg Kick Swimming, and Sport-Specific Performance in Competitive Swimmers. *Biology*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/biology11020299>
- Armisesna, H., Sefriana, N., Olahraga, P., Lampung, R., Soekarno, J., & Mulyojati, H. (2021). Hubungan Antara Kelentukan Persendian Pinggul Dan Panjang Tungkai Dengan Renang Gaya Bebas Siswa Smk Negeri 4 Bandar Lampung. *Journal*, 2(2). <https://ejurnal.teknokrat.ac.id/index.php/sport/issue/archive>
- Arp, K., Frydendal, T., Kjeldsen, T., Dalgas, U., Timm, S., Viberg, B., Ingwersen, K., & Varnum, C. (2024). Validity, Agreement and Reliability of the ForceFrame Dynamometer in Patients with Anterior Cruciate Ligament Injury. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 19(9), 1068–1079. <https://doi.org/10.26603/001c.122486>
- Aslam, S., Habyarimana, J. D. D., & Bin, S. Y. (2025). Neuromuscular adaptations to resistance training in elite versus recreational athletes. *Frontiers in Physiology*, 16(June), 1–17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1598149>
- Bartolomeu, R. F., Rodrigues, P., Santos, C. C., Costa, M. J., & Barbosa, T. M. (2022). Is there any effect of symmetry on velocity of the four swimming strokes? *Symmetry*, 14(1), 1–11. <https://doi.org/10.3390/sym14010012>
- Czartoryski, P., Garcia, J., Manimaleth, R., Napolitano, P., Watters, H., Weber, C., Alvarez-Beaton, A., Nieto, A. C., Patel, A., Peacock, C., Banks, J., Tartar, J., & Antonio, J. (2020). Body composition assessment: A comparison of the DXA, InBody 270, and Omron. *Journal of Exercise and Nutrition*, 3(1), 1–6. <https://www.journalofexerciseandnutrition.com/ManuscriptUploadsPDF/80.pdf?fbclid=IwAR2zPQRYhkaOzBIfoYmtrmYyBF0udfDhFyO-TGitWKRH41s5In5RQVQvtQg>
- Domínguez-Navarro, F., Benitez-Martínez, J. C., Ricart-Luna, B., Cotelí-Suárez, P., Blasco-Igual, J. M., & Casaña-Granell, J. (2022). Impact of hip abductor and adductor strength on dynamic balance and ankle biomechanics in young elite female basketball players. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07454-3>
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2023). Differences between elite and sub-elite swimmers in a 100 m breaststroke: a new race analysis approach with time-series velocity data. *Sports Biomechanics*, 22(12), 1722–1733. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1954238>
- Hall, G., Barry, G., & Hayes, P. (2025). The role of hip abductor strengthening and the effects on running gait. A systematic review. *Advanced Exercise and Health Science*, 2(1), 16–23. <https://doi.org/10.1016/j.aehs.2025.02.004>
- Hsu, C., Krabak, B., Cunningham, B., & Borg-Stein, J. (2024). Swimming Anatomy and Lower Back Injuries in Competitive Swimmers: A Narrative Review. *Sports Health*, 16(6), 971–981. <https://doi.org/10.1177/19417381231225213>
- Ilona Swiatkowska, Shiraz A. Sabah, Laura Maria Horga, A. J. H. (2023). introduction to hip implants and biomarker testing. *Biomarkers of Hip Implant Function*, 3–39. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128215968000033>

- Jaenada-Carrilero, E., Vicente-Mampel, J., Baraja-Vegas, L., Thorborg, K., Valero-Merlos, E., Blanco-Gimenez, P., Gargallo, P., & Bautista, I. J. (2024). Hip adduction and abduction strength profiles in elite and sub-elite female soccer players according to players level and leg limb-dominance. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00838-0>
- Karatrantou, K., Gerodimos, V., Katsareli, E., Manouras, N., Ioakimidis, P., & Famisis, K. (2019). Strength Profile of Hip Abductor and Adductor Muscles in Youth Elite Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 31–41. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0069>
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2021). The Influence of Upper- and Lower-Body Maximum Strength on Swim Block Start, Turn, and Overall Swim Performance in Sprint Swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(10), 2839–2845. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003229>
- Kim, J. A., Shin, C., Jung, I., Park, S. Y., Lee, D. Y., Yu, J. H., Cho, H., Lee, S. K., Kim, K. J., Song, E., Kim, K. J., Kim, N. H., Yoo, H. J., Kim, S. G., Choi, K. M., Kim, N. H., & Seo, J. A. (2025). Impact of Muscle Quality on Muscle Strength and Physical Performance Beyond Muscle Mass or Diabetes Status. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 16(2), 1–12. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13760>
- Komici, K., D'Amico, F., Verderosa, S., Piomboni, I., D'Addona, C., Picerno, V., Bianco, A., Caiazzo, A., Bencivenga, L., Rengo, G., & Guerra, G. (2022). Impact of Body Composition Parameters on Lung Function in Athletes. *Nutrients*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/nu14183844>
- Lanza, M. B., Rock, K., Marchese, V., Addison, O., & Gray, V. L. (2021). Hip Abductor and Adductor Rate of Torque Development and Muscle Activation, but Not Muscle Size, Are Associated With Functional Performance. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.744153>
- Lintin, G. B., & Miranti. (2019). Hubungan Penurunan Kekuatan Otot dan Massa Otot dengan Proses Penuaan pada Individu. *Jurnal Kesehatan Tadulako*, 5(1), 1–62.
- Marusic, J., Kozinc, Z., Hadzic, V., & Šarabon, N. (2024). Isometric hip abduction and adduction strength ratios: A literature review with quantitative synthesis. *Isokinetics and Exercise Science*, 32(1), 1–10. <https://doi.org/10.3233/IES-220128>
- Moreno-Pérez, V., Peñaranda, M., Soler, A., López-Samanes, Á., Aagaard, P., & Del Coso, J. (2022). Effects of Whole-Season Training and Match-Play on Hip Adductor and Abductor Muscle Strength in Soccer Players: A Pilot Study. *Sports Health*, 14(6), 912–919. <https://doi.org/10.1177/19417381211053783>
- Nicol, E., Pearson, S., Saxby, D., Minahan, C., & Tor, E. (2022). The Association of Range of Motion, Dryland Strength–Power, Anthropometry, and Velocity in Elite Breaststroke Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 17(8), 1222–1230. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0544>
- Olstad, B. H., Wathne, H., & Gonjo, T. (2020). Key factors related to short course 100 m breaststroke performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph17176257>
- Peng, X., Xiong, S., Cui, C., Ye, T., Chen, X., Yang, S., Qi, L., Feng, Q., Jiang, M., Tong, L., Zhang, Z., & Cai, L. (2025). Association between skeletal muscle mass and the prognosis of patients undergoing percutaneous coronary intervention: a retrospective study. *BMC*

- Cardiovascular Disorders, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12872-025-04614-x>
- Promsri, A., Haid, T., Werner, I., & Federolf, P. (2020). brain sciences Leg Dominance Effects on Postural Control When.
- Reina, I. G., Sanchez-Oliver, A. J., Gonzalez-Matarin, P. J., Butragueno, J., & Merchan, B. B. (2019). The Role of Muscle Tissue and Resistance Training in Cardiometabolic Health. *Int J Sports Sci Med*, 3(1), 0001–0012. www.scireslit.com
- Roepajadi, J., Sholikhah, A. M., Wismanadi, H., Nugraha, A. B. K., & Firmansyah, A. (2025). Comparing the Effectiveness of Various Recovery Method Combinations on Improving Leg Muscle Power and Blood Lactic Acid Level. *Physical Education Theory and Methodology*, 25(5), 1055–1061. <https://doi.org/10.17309/tmfv.2025.5.04>
- Silva, A. F., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Seifert, L. (2022). The Effect of a Coordinative Training in Young Swimmers' Performance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph19127020>
- Sofya, A., Novita, N. C., Afgani, M. W., Isnaini, M., Islam, U., Raden, N., & Palembang, F. (2024). Metode Survey : Explanatory Survey dan Cross Sectional dalam Penelitian Kuantitatif Survey Methods : Explanatory Survey and Cross Sectional in Quantitative Research. *Edu Society: Jurnal Pendidikan, Ilmu Sosial, Dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(3), 1695–1708.
- Solana-Tramunt, M., Bofill-Ródenas, A., Cabedo, J., Badiola-Zabala, A., & Guerra-Balic, M. (2025). Effect of an 11-Week Repeated Maximal Lumbar Movement with Controlled Breathing on Lumbar Sagittal Range of Motion in Elite Swimmers: A Randomized Clinical Trial. *Healthcare (Switzerland)*, 13(5), 1–15. <https://doi.org/10.3390/healthcare13050457>
- Sterczala, A. J., Rodriguez-Ortiz, N., Feigel, E. D., Krajewski, K. T., Martin, B. J., Sekel, N. M., Lovalekar, M., Kargl, C. K., Koltun, K. J., Van Eck, C., Flanagan, S. D., Connaboy, C., Wardle, S. L., O'Leary, T. J., Greeves, J. P., & Nindl, B. C. (2024). Skeletal muscle adaptations to high-intensity, low-volume concurrent resistance and interval training in recreationally active men and women. *Physiological Reports*, 12(6). <https://doi.org/10.14814/phy2.15953>
- Sugiyono. (2020). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*.
- Xiao, W., Bu, T., Zhang, J., Cai, H., Zhu, W., Bai, X., Zhang, L., & Geok, S. K. (2025). Effects of functional training on physical and technical performance among the athletic population: a systematic review and narrative synthesis. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-024-01040-y>
- Yamakawa, K. K., Shimojo, H., Takagi, H., & Sengoku, Y. (2022). Changes in Kinematics and Muscle Activity With Increasing Velocity During Underwater Undulatory Swimming. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4(April), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.829618>