

**ANALISIS HUBUNGAN PROFIL FISIK ATLET RENANG DI PROVINSI
LAMPUNG DENGAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH, KAPASITAS
FISIK, DAN KAPASITAS KARDIORESPIRASI TAHUN 2025**

(SKRIPSI)

Oleh

FITRI AULIA SYAHRANI

2218011094



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**ANALISIS HUBUNGAN PROFIL FISIK ATLET RENANG DI PROVINSI
LAMPUNG DENGAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH, KAPASITAS
FISIK, DAN KAPASITAS KARDIORESPIRASI TAHUN 2025**

Oleh

FITRI AULIA SYAHRANI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA KEDOKTERAN**

Pada

**Jurusan Pendidikan Dokter
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

**ANALISIS HUBUNGAN PROFIL FISIK
ATLET RENANG DI PROVINSI LAMPUNG
DENGAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH,
KAPASITAS FISIK, DAN KAPASITAS
KARDIORESPIRASI TAHUN 2025**

Nama Mahasiswa

: Fitri Aulia Syahrani

No. Pokok Mahasiswa

: 2218011094

Program Studi

: Pendidikan Dokter

Fakultas

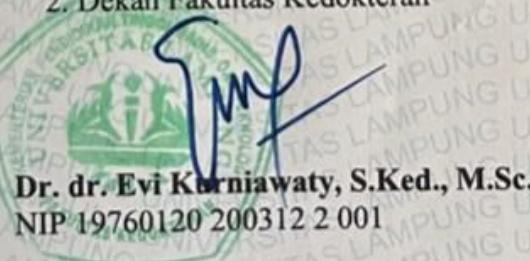
: Kedokteran



Dr. dr. Khairun Nisa Berawi,
M.Kes., AIFO-K., FISCM.
NIP 19740226 2001 12 2 002

Suryadi Islami, S.Si., M.Biomed.
NIP 19721202 2022 03 1 007

2. Dekan Fakultas Kedokteran

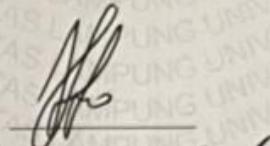


MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

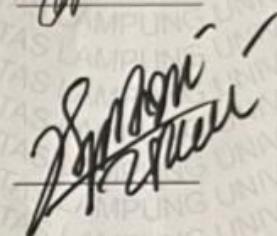
Ketua

: **Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes.,
AIFO-K., FISCM.**



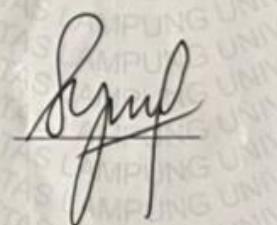
Sekretaris

: **Suryadi Islami, S.Si., M.Biomed.**

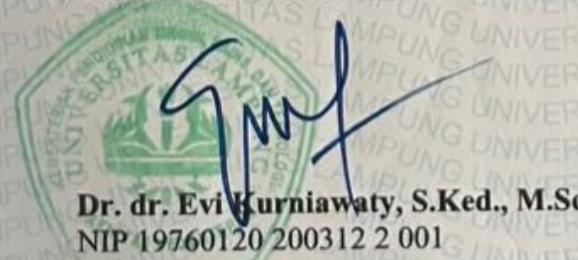


Pengaji

Bukan Pembimbing :**Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, S. Ked., M. Biomed**



2. Dekan Fakultas Kedokteran



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **30 Desember 2025**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fitri Aulia Syahrani

NPM : 2218011094

Program Studi : Pendidikan Dokter

Judul Skripsi : Analisis Hubungan Profil Fisik Atlet Renang di Provinsi Lampung dengan Komposisi Lemak Tubuh, Kapasitas Fisik, dan Kapasitas Kardiorespirasi Tahun 2025

Dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah Skripsi ini merupakan **HASIL KARYA SAYA SENDIRI**. Apabila di kemudian hari terbukti adanya plagiarisme dan kecurangan dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia diberi sanksi.

Bandar Lampung, Desember 2025

Mahasiswa,



Fitri Aulia Syahrani

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Bandar Lampung, 27 November 2004 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Prof. Dr. H. Khomsahrial Romli, M.Si dan Ibu Hj. Auliana, S.I.Kom. Penulis memiliki dua kakak laki-laki yang bernama Muhammad Ridho, S.E., M.M dan Muhamad Taufik Ardiansyah, S.H., M.H. Penulis menempuh pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Kartika II-31 Bandar Lampung pada tahun 2009 – 2010. Kemudian, pada tahun 2010 – 2016, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SD Al-Kautsar Bandar Lampung. Pada tahun 2016 – 2019, penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Al-Kautsar Bandar Lampung. Selanjutnya, pada tahun 2019 – 2022, penulis menamatkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung. Selama menempuh pendidikan di SD, SMP, dan SMA, penulis aktif mengikuti organisasi dan berbagai kompetisi, seperti OSIS, Palang Merah Remaja (PMR), *English Club*, kompetisi debat bahasa Indonesia, olimpiade Matematika, berbagai kompetisi dalam bidang bahasa Inggris dan bahasa Lampung, serta mengikuti beberapa perlombaan dalam bidang musik.

Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung program studi Pendidikan Dokter. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam mengikuti organisasi. Penulis mengikuti organisasi Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dan pernah menjadi Staf Muda pada tahun 2023, Bendahara Umum II pada tahun 2024, serta menjadi Wakil Ketua Umum pada tahun 2025. Penulis juga mengikuti organisasi eksternal kampus, yaitu Ikatan Senat Mahasiswa Kedokteran Indonesia (ISMKI) Wilayah I dan pernah menjadi Staf *Health Policy Studies* (HPS) pada tahun 2023, serta menjadi Sekretaris Umum pada tahun 2024.

“Belajarlah mengucap syukur dari hal-hal baik di hidupmu. Belajarlah menjadi kuat dari hal-hal buruk di hidupmu.”

— B.J. Habibie —

SANWACANA

Alhamdulillahirrabilalamin puji syukur senantiasa Penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi dengan judul “Analisis Hubungan Profil Fisik Atlet Renang di Provinsi Lampung dengan Komposisi Lemak Tubuh, Kapasitas Fisik, dan Kapasitas Kardiorespirasi Tahun 2025” disusun sebagai penuh syarat guna mencapai gelar sarjana di Fakultas Kedokteran di Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Dengan ini penulis ingin menyampaikan ucapan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. Dr. dr. Indri Windarti, S.Ked., Sp.PA., selaku Ketua Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. dr. Intanri Kurniati, S.Ked., Sp.PK., selaku Kepala Program Studi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
5. Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K., FISCM., selaku Pembimbing Pertama sekaligus orang tua kedua penulis yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing, memberikan kritik dan saran yang konstruktif selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas segala dukungan dan nasihat yang tidak pernah putus diberikan selama proses penyusunan skripsi, penulis sangat menghargai ilmu yang telah dibagikan;

6. Pak Suryadi Islami, S.Si., M.Biomed, selaku Pembimbing Kedua, yang bersedia meluangkan waktu dan tenaga, serta dengan sabar memberikan bimbingan, dukungan, kritik, saran yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini. Terima kasih atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis;
7. Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, M.Biomed., selaku Pembahas, yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan masukan, kritik, saran, dan pembahasan yang bermanfaat dalam proses penyelesaian skripsi yang tidak akan pernah saya lupakan. Terima kasih atas arahan dan nasihat yang tidak pernah putus diberikan selama proses penyusunan skripsi ini;
8. dr. Rasmi Zakiah Oktarlina, M.Farm., selaku pembimbing akademik yang senantiasa memberikan nasihat, arahan, serta motivasi selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
9. Segenap jajaran dosen dan civitas Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, yang telah mendidik dan membantu penulis selama perkuliahan;
10. Orang tua tercinta, Papa dan Mama yang penulis cintai sepenuh hati, Prof. Dr. H. Khomsahrial Romli, M.Si., dan Hj. Auliana, S.I.Kom. Terima kasih atas segala kasih sayang dan doa yang tidak pernah terputus mengiringi setiap langkah penulis. Papa dan Mama selalu menjadi alasan terbesar penulis terus berusaha menjadi pribadi yang lebih baik. Setiap pencapaian yang penulis raih hari ini sesungguhnya adalah berkat pengorbanan dan dukungan Papa dan Mama yang tidak terukur.
11. Kakak pertama dan kakak ipar tersayang, Uda Ridho dan Ayuk Shanty, terima kasih selalu memberikan dukungan, perhatian, serta kehangatan yang tidak ternilai. Terima kasih juga untuk ponakan-ponakan tersayang, Abang Alde, Iyay Nino, Kakak Ratu, dan Adek Daffa, yang selalu menjadi sumber kebahagiaan dan penyemangat di tengah perjalanan panjang ini.
12. Kakak kedua dan kakak ipar tercinta, Iyay Taufik dan Kakak Nurul, terima kasih selalu memberikan motivasi, dukungan, dan nasihat berharga yang selalu penulis rasakan dalam setiap langkah hingga saat ini.

13. Kakak sepupu yang selalu seperti kakak kandung penulis, Ayuk Puput dan Kak Dinda, terima kasih selalu hadir menemani, membantu, dan memberikan perhatian untuk penulis selama ini.
14. Sahabat tersayangku “sahabat surga”, Salma, Nada, dan Dinda, terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah, berbagi suka dan duka, serta selalu hadir dalam setiap fase hidup penulis.
15. Sahabat seperjuanganku di bangku kuliah, “Balam Ceria”, Latansa, Zahra, Meta, Nadia, Putri, Angel, Arini, dan Ratu. Terima kasih telah menjadi rumah kedua dalam setiap perjalanan akademik, menemani dalam lelah, menguatkan dalam jatuh, dan merayakan setiap pencapaian kecil yang berarti.
16. Sahabat sejak SMP yang selalu setia menemaniku, Naurah, Camelia, Nazla, Nia, Kanza, Manda, Annisa, dan Zafira. Terima kasih atas persahabatan panjang yang tidak lekang oleh waktu, yang terus hidup meski masing-masing telah menempuh jalan berbeda.
17. Sahabat terdekatku, Ici, Rani, dan Tiara, terima kasih selalu menjadi tempat berbagi cerita, pelarian di tengah penat, serta hadir di saat-saat tersulit dan terbaik dalam perjalanan hidup penulis.
18. Sahabatku yang sangat berarti, Jenitra, terima kasih telah menjadi tempat ternyaman untuk bercerita, selalu sabar dalam mendampingi perjalanan penulis sejak sekolah hingga bangku kuliah, dan selalu menjadi sosok yang menguatkan di saat perjalanan ini terasa berat. Terima kasih karena tetap tinggal, bahkan ketika jarak dan kesibukan membuat semuanya tidak mudah.
19. Keluarga pertama penulis di FK Unila, “D19ITI”, Adin Fareel, Yunda Alyssa, Latansa, Faizah, Ici, Marcell, Rifat, Zahra, Desvira, Usnida, Indah, Azizah, Sabilia, dan Brian. Terima kasih telah menjadi lingkungan pertama yang membuat penulis merasa diterima, didukung, dan dikuatkan sejak awal masa perkuliahan.
20. Teman-teman Presi BEM Adikara, Echa, Ici, Early, Rara, Aurel, serta seluruh BPH BEM Adikara. Terima kasih atas kerja sama, pengertian, dan

kekompakan luar biasa. Tanpa kalian, penulis mungkin sudah kewalahan menghadapi dinamika organisasi selama perjalanan panjang ini.

21. Teman-teman Presi BEM Lentera Cita, Kak Syifa, Kak Cia, Early, Kak Niya, dan Kak Dika. Terima kasih telah menjadi rekan kerja, tempat bertumbuh, dan sumber semangat dalam menjalankan amanah organisasi.
22. Teman-teman KKN “Texas”, Rara, Meyline, Aura, Dinda, Rafael, dan Fadly. Terima kasih atas kebersamaan, cerita, dan pengalaman berharga yang memperkaya perjalanan hidup penulis.
23. Teman-teman sejawat angkatan 2022 (Troponin-Tropomiosin), terima kasih untuk segala memori indahnya selama 7 semester ini. Semoga perjuangan yang sudah kita lalui dapat membantu kita menjadi dokter yang profesional;
24. Terima kasih kepada segala pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah mendukung dan membantu dalam penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada diri saya sendiri yang selalu memilih berusaha dengan jujur dan tidak menyerah sesulit apapun proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak ketidaksempurnaan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberi kebermanfaatan bagi para pembacanya.

Bandar Lampung, Desember 2025
Penulis

Fitri Aulia Syahrani

ABSTRAK

ANALISIS HUBUNGAN PROFIL FISIK ATLET RENANG DI PROVINSI LAMPUNG DENGAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH, KAPASITAS FISIK, DAN KAPASITAS KARDIORESPIRASI TAHUN 2025

Oleh

FITRI AULIA SYAHRANI

Performa atlet renang dipengaruhi berbagai karakteristik fisiologis, termasuk profil fisik, komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi. Hingga kini, belum terdapat penelitian yang spesifik menilai kondisi fisiologis atlet renang di Provinsi Lampung, padahal informasi tersebut penting sebagai dasar penyusunan program latihan yang sesuai kebutuhan atlet. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan profil fisik atlet renang dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada atlet binaan di Provinsi Lampung. Penelitian ini merupakan studi analitik observasional dengan desain *cross-sectional*. Sampel terdiri dari 45 atlet renang yang memenuhi kriteria inklusi. Pengukuran meliputi Indeks Massa Tubuh (IMT), persentase lemak tubuh menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA), kekuatan otot bahu dengan *push and pull dynamometer*, daya tahan otot bahu dengan *sit-up test*, fleksibilitas menggunakan *sit and reach box*, serta kapasitas kardiorespirasi melalui uji *beep test* untuk memperoleh nilai VO₂ max. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar atlet memiliki IMT kategori normal, namun masih terdapat atlet dalam kategori overweight hingga obesitas; kondisi ini sejalan dengan tingginya proporsi persentase lemak tubuh pada 44,5% atlet. IMT berhubungan positif dan kuat dengan persentase lemak tubuh ($p < 0,001$; $r = 0,610$), serta berhubungan negatif dengan kekuatan otot bahu ($p = 0,007$; $r = -0,396$), fleksibilitas ($p < 0,001$; $r = -0,530$), dan VO₂ max ($p = 0,004$; $r = -0,422$). Sebaliknya, IMT tidak berhubungan signifikan dengan daya tahan otot bahu ($p = 0,599$). Temuan ini menegaskan bahwa peningkatan IMT pada atlet renang Lampung terutama mencerminkan peningkatan massa lemak, bukan massa otot, sehingga berdampak pada penurunan komponen kapasitas fisik dan kapasitas kardiorespirasi. Hasil penelitian ini merekomendasikan perlunya pengelolaan komposisi tubuh atlet, terutama penurunan lemak tubuh 10–15%, untuk memperbaiki kekuatan otot bahu, fleksibilitas, dan kapasitas aerobik.

Kata Kunci: Indeks massa tubuh, persentase lemak tubuh, kapasitas fisik, kekuatan otot bahu, VO₂ max, atlet renang.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN PHYSICAL PROFILE AND BODY FAT COMPOSITION, PHYSICAL CAPACITY, AND CADIORESPIRATORY CAPACITY AMONG SWIMMERS IN LAMPUNG 2025

By

FITRI AULIA SYAHRANI

Swimming performance is influenced by various physiological characteristics, including physical profile, body fat composition, physical capacity, and cardiorespiratory capacity. Thus far, no research has specifically evaluated the physiological conditions of competitive swimmers in Lampung Province, despite the importance of such information as the basis for developing training programs tailored to athletes' needs. This study aimed to analyze the relationship between swimmers' physical profiles and their body fat composition, physical capacity, and cardiorespiratory capacity among athletes in Lampung. This research is analytical observational design with a cross-sectional approach. A total of 45 swimmers who met the inclusion criteria participated in the study. Measurements included Body Mass Index (BMI), body fat percentage assessed using BIA, shoulder muscle strength using a push and pull dynamometer, shoulder muscle endurance using the sit-up test, flexibility using a sit and reach box, and cardiorespiratory capacity using the beep test to obtain VO_2 max values. The results showed that most athletes had a normal BMI, some remained in the overweight to obese categories aligned with the high proportion of elevated body fat percentage in 44.5% of athletes. BMI demonstrated a strong and positive relationship with body fat percentage ($p < 0,001$; $r = 0,610$), and a negative relationship with shoulder muscle strength ($p = 0,007$; $r = -0,396$), flexibility ($p < 0,001$; $r = -0,530$), and VO_2 max ($p = 0,004$; $r = -0,422$). BMI was not significantly associated with shoulder muscle endurance ($p = 0,599$). These findings indicate that increases in BMI among swimmers in Lampung primarily reflect greater fat mass rather than muscle mass, leading to reductions in physical capacity components and cardiorespiratory capacity. This study recommends targeted management of athletes' body composition, particularly reducing body fat to improve shoulder strength, flexibility, and aerobic capacity.

Keywords: *Body mass index, body fat percentage, physical capacity; shoulder strength, VO_2 max, swimmers.*

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	1
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.3.1 Tujuan Umum	4
1.3.2 Tujuan Khusus	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.4.1 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan.....	5
1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat	6
1.4.3 Manfaat Bagi Universitas Lampung	6
1.4.4 Manfaat Bagi Peneliti	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Profil Fisik Atlet Renang	7
2.2 Komposisi Lemak Tubuh.....	9
2.2.1 Pengertian Komposisi Lemak Tubuh	9
2.2.2 Jenis Lemak Tubuh.....	10
2.2.3 Komposisi Lemak Tubuh pada Atlet Renang.....	13
2.2.4 Metode Pengukuran Komposisi Lemak Tubuh	15
2.3 Kapasitas Fisik	20
2.3.1 Pengertian Kapasitas Fisik.....	20
2.3.2 Kapasitas Fisik pada Atlet Renang	21
2.4 Kapasitas Kardiorespirasi	24
2.4.1 Pengertian Kapasitas Kardiorespirasi	24
2.4.2 Volume Oksigen Maksimum (VO ₂ max) pada Atlet Renang.	25
2.4.3 Kapasitas Kardiorespirasi pada Atlet Renang	26
2.4.4 Metode Pengukuran VO ₂ Max.....	29
2.5 Kerangka Teori	32
2.6 Kerangka Konsep.....	35
2.7 Hipotesis	36
BAB III METODE PENELITIAN	37
3.1 Metode Penelitian	37
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian.....	37
3.3 Populasi dan Sampel Penelitian	37

3.3.1 Populasi Penelitian.....	37
3.3.2 Sampel Penelitian	37
3.3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi	38
3.4 Identifikasi Variabel Penelitian.....	38
3.4.1 Variabel Bebas (<i>independent variable</i>)	38
3.4.2 Variabel Terikat (<i>dependent variable</i>).....	39
3.5 Definisi Operasional	40
3.6 Prosedur Penelitian	41
3.6.1 Instrumen Penelitian	41
3.6.2 Alur Penelitian	44
3.7 Pengumpulan Data	47
3.8 Pengolahan dan Analisis Data	47
3.8.1 Pengolahan Data	47
3.8.2 Analisis Data.....	48
3.9 Etika Penelitian	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	50
4.1 Hasil Penelitian	50
4.1.1 Karakteristik Subjek Penelitian	50
4.1.2 Analisis Univariat	52
4.1.3 Analisis Bivariat	58
4.2 Pembahasan.....	60
4.2.1 Hubungan Profil Fisik dengan Komposisi Lemak Tubuh	60
4.2.2 Hubungan Profil Fisik dengan Kapasitas Fisik.....	63
4.2.3 Hubungan Profil Fisik dengan Kapasitas Kardiorespirasi	68
4.3 Keterbatasan Penelitian.....	73
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	74
5.1 Simpulan	74
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	86

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	28
Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel	40
Tabel 4.1 Distribusi Responden berdasarkan Jenis Kelamin	50
Tabel 4.2 Distribusi Responden berdasarkan Usia.....	51
Tabel 4.3 Distribusi Responden berdasarkan Domisili	51
Tabel 4.4 Persebaran Indeks Massa Tubuh (IMT) Atlet Renang	52
Tabel 4.5 Analisis Univariat Indeks Massa Tubuh (IMT) Atlet Renang	52
Tabel 4.6 Persebaran Persentase Lemak Tubuh Atlet Renang.....	53
Tabel 4.7 Analisis Univariat Persentase Lemak Tubuh Atlet Renang	53
Tabel 4.8 Persebaran Kekuatan Otot Bahu Atlet Renang	54
Tabel 4.9 Analisis Univariat Kekuatan Otot Bahu Atlet Renang.....	54
Tabel 4.10 Persebaran Daya Tahan Otot Bahu Atlet Renang	55
Tabel 4.11 Analisis Univariat Daya Tahan Otot Bahu Atlet Renang.....	55
Tabel 4.12 Persebaran Fleksibilitas Atlet Renang.....	56
Tabel 4.13 Analisis Univariat Fleksibilitas Atlet Renang	56
Tabel 4.14 Persebaran VO ₂ Max Atlet Renang.....	57
Tabel 4.15 Analisis Univariat VO ₂ Max Atlet Renang	57
Tabel 4.16 Uji Normalitas Data.....	58
Tabel 4.17 Hasil Uji Korelasi <i>Spearman</i>	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2.1 Alat <i>Bioelectrical Impedance Analysis</i> (BIA)	17
Gambar 2.2 Kerangka Teori	33
Gambar 2.3 Kerangka Konsep.....	35
Gambar 3.1 Alur Penelitian	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran 1. Lembar Penjelasan Penelitian.....	87
Lampiran 2. <i>Informed Consent</i>	89
Lampiran 3. Lembar Isian Subjek Penelitian	90
Lampiran 4. Lembar Hasil Pengukuran Subjek Penelitian	91
Lampiran 5. Surat Izin Melakukan Penelitian.....	92
Lampiran 6. Surat Persetujuan Etik.....	93
Lampiran 7. Sertifikat Kalibrasi.....	94
Lampiran 8. Lembar Pengerjaan	97
Lampiran 9. Hasil Pengukuran.....	99
Lampiran 10. Hasil Uji Statistik.....	101
Lampiran 11. Dokumentasi Penelitian	106

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Cabang olahraga akuatik di Indonesia, termasuk olahraga renang, dikelola oleh Persatuan Renang Seluruh Indonesia (PRSI) yang berubah menjadi Akuatik Indonesia. Dalam cabang olahraga renang terdapat beberapa gaya renang yang dapat dikompetisikan secara resmi, berupa gaya kupu-kupu (*butterfly stroke*), gaya dada (*breaststroke*), gaya punggung (*backstroke*), dan gaya bebas (*freestyle*) (PRSI, 2022). Atlet renang Indonesia menyumbang sejumlah prestasi yang membanggakan pada kompetisi nasional maupun internasional. Pada kompetisi internasional, Indonesia berhasil meraih 48 medali di kejuaraan *Southeast Asian Age Group Championships* 2024 di Thailand (*Swim Meets Thailand*, 2024). Selain itu, Indonesia juga berhasil mendapatkan 22 medali emas di ASEAN Schools Games 2024 yang diselenggarakan di Vietnam (ASEAN Schools Games, 2024).

Pada Pekan Olahraga Nasional (PON) XXI 2024, Provinsi Lampung telah mengirimkan 13 atlet renang untuk mengikuti kompetisi dalam berbagai cabang renang (PON, 2024). Namun, hasil kompetisi tersebut menunjukkan Provinsi Lampung tidak berhasil menduduki peringkat 10 besar (Akuatik Indonesia Provinsi Lampung, 2024). Salah satu faktor utama yang mempengaruhi hal tersebut adalah terdapat kesenjangan dalam performa atlet renang di Provinsi Lampung dibandingkan dengan provinsi lain.

Performa atlet renang dapat dipengaruhi oleh berbagai karakteristik fisik. Komposisi tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi merupakan beberapa komponen yang dapat mempengaruhi performa atlet renang. Faktor penting yang mempengaruhi performa renang berupa kekuatan,

tenaga, massa tubuh tanpa lemak, kualitas anaerobik dan aerobik yang unggul (Espada *et al.*, 2023).

Performa atlet renang sering kali dihubungkan dengan latihan kekuatan dan tenaga yang dihasilkan melalui ekstremitas atas. Saat berenang gaya bebas, gerakan lengan didominasi oleh otot *latissimus dorsi*, otot *pectoralis major*, dan otot *triceps brachii* yang dapat ditingkatkan dengan latihan seperti *bench press*, *pull-up*, dan *lat pull-down*. Performa atlet renang remaja dapat dipengaruhi oleh persentase lemak tubuh dan massa tubuh tanpa lemak, hal ini dapat dilihat dari hambatan di dalam air berkurang jika persentase lemak tubuh yang lebih rendah pada atlet renang, sehingga meningkatkan efisiensi gerakan (Keiner *et al.*, 2021). Sedangkan, massa tubuh tanpa lemak berhubungan dengan ukuran kekuatan dan tenaga yang dapat memprediksi performa perenang remaja. Peningkatan performa perenang dipengaruhi oleh massa tanpa lemak yang lebih tinggi karena cenderung menghasilkan lebih banyak gaya selama berenang. Pada renang jarak yang lebih jauh, perenang cenderung tampil lebih baik dengan kapasitas aerobik yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa performa perenang dapat dipengaruhi secara signifikan dengan meningkatkan kebugaran aerobik melalui latihan intensif yang sesuai (Price *et al.*, 2024).

Atlet diwajibkan mempertahankan komposisi tubuh yang optimal karena sangat mempengaruhi dalam peningkatan daya tahan dan kecepatan atlet. Indikator utama dari kebugaran atlet adalah kapasitas kardiorespirasi karena berkaitan langsung dengan efisiensi penggunaan oksigen saat berolahraga. Penurunan daya tahan kardiorespirasi sering dikaitkan dengan persentase lemak tubuh yang lebih tinggi (Syahputra *et al.*, 2024). Atlet yang memiliki daya tahan kardiorespirasi yang baik umumnya memiliki persentase lemak tubuh yang normal, memunginkan atlet untuk bertahan lebih lama dalam latihan dan kompetisi. Oleh karena itu, daya tahan kardiorespirasi secara signifikan dipengaruhi oleh persentase lemak tubuh pada atlet renang. Namun, beberapa atlet masih mengalami kesulitan dalam kecepatan dan

daya tahan kardiorespirasi meskipun telah mencapai persentase lemak tubuh yang normal. Hal ini menunjukkan bahwa dalam mendukung performa atlet, faktor lain juga berperan penting seperti kapasitas fisik yang baik (Damayanti & Adriani, 2021).

Potensi performa atlet secara keseluruhan memiliki indikator utama berupa kebugaran kardiorespirasi yang dipengaruhi oleh latihan fisik dan komposisi tubuh. Kebugaran kardiorespirasi, kapasitas fisik, dan komposisi tubuh merupakan parameter penting yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menyusun program latihan yang sesuai dengan kebutuhan individu atlet (Giovanelli *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang dapat menganalisis hubungan ketiga variabel ini untuk mengetahui aspek mana yang masih perlu ditingkatkan guna mencapai performa terbaik, khususnya pada atlet renang binaan Komite Nasional Olahraga Indonesia (KONI) Provinsi Lampung.

Terdapat studi yang menganalisis tingkat kebugaran pada siswa Todak *Aquatic Club* di Surabaya pada tahun 2021 yang diukur dengan metode *Multistage Fitness Test* (MFT) untuk mengetahui kemampuan aerobik dengan melihat nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$, serta hubungannya dengan performa renang (Firdausi & Sulistyarto, 2021). Selain itu, terdapat studi pada tahun 2013 yang menunjukkan perbandingan kapasitas vital paru pada atlet renang dan atlet lari cepat di Lampung, serta membahas peningkatan secara optimal fungsi paru dan sistem kardiorespirasi yang lebih efektif disebabkan oleh latihan renang (Julianti & Nisa, 2013). Kedua studi ini tidak secara spesifik mengidentifikasi komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada atlet renang.

Tidak terdapat penelitian yang secara spesifik menilai dan menganalisis kondisi fisiologis atlet renang khususnya di Lampung, sebagai dasar untuk pengembangan program latihan yang sesuai agar performa tanding dapat lebih optimal. Padahal, informasi ini sangat dibutuhkan untuk mengetahui

kesenjangan antara kondisi fisik aktual dan standar yang diharapkan bagi atlet Lampung sehingga dapat menyusun program latihan berbasis karakteristik fisik spesifik atlet Lampung. Kondisi fisik atlet yang optimal sangat mempengaruhi prestasi dalam olahraga renang. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki urgensi yang signifikan untuk mendukung pengembangan atlet renang di Lampung dengan mengidentifikasi masalah spesifik yang menjadi hambatan dalam mencapai performa optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hubungan antara profil fisik atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025 dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara profil fisik atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025 dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan program latihan yang lebih efektif guna meningkatkan performa atlet renang dalam berkompetisi.

1.3.2 Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui profil fisik berupa indeks massa tubuh (IMT) atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
2. Mengetahui komposisi lemak tubuh dengan menilai persentase lemak tubuh atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
3. Menilai kapasitas fisik dengan mengukur kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
4. Menganalisis kapasitas kardiorespirasi menggunakan parameter berupa $\text{VO}_2 \text{ max}$ pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
5. Menganalisis hubungan antara profil fisik dengan komposisi lemak tubuh pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
6. Menganalisis hubungan antara profil fisik dengan kapasitas fisik pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.
7. Menganalisis hubungan antara profil fisik dengan kapasitas kardiorespirasi pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada atlet renang di Provinsi Lampung tahun 2025. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya terkait pengaruh komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi terhadap performa atlet renang serta dapat menjadi landasan pengembangan metode latihan yang lebih efektif untuk meningkatkan kondisi fisik atlet.

1.4.2 Manfaat Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman masyarakat, khususnya atlet renang dan pelatih, mengenai pentingnya keseimbangan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi dalam meningkatkan performa renang. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi referensi bagi masyarakat umum dalam memahami manfaat olahraga renang terhadap kebugaran kardiorespirasi dan kesehatan tubuh secara keseluruhan.

1.4.3 Manfaat Bagi Universitas Lampung

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi tambahan dalam bidang ilmu kedokteran olahraga di Universitas Lampung, khususnya terkait faktor fisiologis yang mempengaruhi performa atlet. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya mengenai efektivitas latihan renang dalam meningkatkan daya tahan kardiorespirasi.

1.4.4 Manfaat Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan peneliti mengenai hubungan antara komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada atlet renang. Selain itu, penelitian ini dapat memberikan pengalaman dalam melakukan penilaian fisiologis atlet renang serta memahami faktor-faktor yang memengaruhi performa renang secara ilmiah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil Fisik Atlet Renang

Renang merupakan salah satu cabang olahraga yang membutuhkan keterampilan teknik tinggi dan kapasitas fisik yang kompleks. Pola latihan renang melibatkan kombinasi kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, fleksibilitas, serta koordinasi motorik yang optimal (Sinclair & Roscoe, 2023). Komponen-komponen tersebut didukung oleh profil fisik atlet renang, seperti karakteristik antropometri dan kapasitas fisiologis yang baik. Dengan demikian, profil fisik atlet renang yang optimal akan menciptakan performa renang yang maksimal dengan teknik renang yang efisien (Keiner *et al.*, 2021).

Karakteristik antropometri pada atlet renang dapat memprediksi kemampuan fisik seorang atlet renang. Kemampuan fisik atlet renang yang sangat dibutuhkan ialah kekuatan lengan dan kekuatan genggaman tangan yang optimal sehingga akan membuat gerakan berenang seorang atlet lebih efektif. Parameter antropometri yang secara signifikan dapat berkontribusi dalam kemampuan fisik tersebut yaitu, panjang lengan atas dan bawah, panjang tangan, lingkar lengan atas dan bawah, serta lingkar pergelangan tangan (Sugiarto & Hananto, 2021). Selain itu, tinggi badan, berat badan, dan IMT juga memiliki peran penting pada kemampuan fisik atlet renang. Jika ketiga komponen ini ideal, maka atlet renang akan memiliki distribusi otot yang lebih baik sehingga mencapai gerakan yang lebih efisien dan jangkauan berenang akan lebih jauh saat berada di dalam air. Oleh karena itu, program latihan untuk atlet renang dapat disesuaikan dengan karakteristik antropometri sehingga latihan renang akan lebih efektif dan optimal sesuai kemampuan fisiknya (Alves *et al.*, 2022).

Atlet renang harus mampu melakukan gerakan teknik renang seperti gaya bebas, gaya punggung, gaya dada, dan gaya kupu-kupu dengan efisiensi energi maksimal dalam rentang waktu yang bervariasi tergantung nomor lomba (Espada *et al.*, 2023). Renang dikategorikan sebagai olahraga dengan intensitas aerobik dan anaerobik yang seimbang. Dalam jarak pendek (*sprint*), sistem energi anaerobik (fosfagen dan glikolitik) lebih dominan, sementara dalam jarak menengah dan jauh, sistem energi aerobik menjadi lebih penting. Oleh karena itu, atlet renang memerlukan pengembangan kapasitas kardiorespirasi, kekuatan otot, kecepatan, daya tahan otot, fleksibilitas, serta teknik pernapasan yang terkoordinasi (Rangaraj & Sakthivel, 2025).

Gerakan dalam renang melibatkan kontraksi simultan dari banyak kelompok otot besar, terutama otot-otot ekstremitas atas seperti *M. latissimus dorsi*, *M. pectoralis major*, *M. deltoideus*, dan otot-otot bahu, serta otot-otot ekstremitas bawah seperti *M. quadriceps femoris* dan *M. gastrocnemius* (Fone & Tillaar, 2020). Selain itu, kelompok otot inti (*core muscles*) seperti *M. rectus abdominis*, *M. obliquus externus*, *M. transversus abdominis*, dan *M. erector spinae* sangat penting untuk menjaga stabilitas tubuh selama renang, mengoptimalkan posisi *streamline*, dan meningkatkan efisiensi gerakan (Olstad & Zinner, 2020)

Latihan penguatan otot inti (*core strength training*) berkontribusi signifikan dalam meningkatkan performa atlet renang. Program latihan otot inti selama 12 minggu dapat meningkatkan kecepatan renang, daya tahan tubuh, stabilitas, dan efisiensi teknik (Weston *et al.*, 2014). Kekuatan dan stabilitas inti membantu dalam mentransfer gaya dari ekstremitas atas ke ekstremitas bawah secara efektif, mengurangi hambatan air, serta memperbaiki koordinasi gerak seluruh tubuh. Dengan demikian, pada olahraga renang, pengembangan kekuatan otot inti tidak hanya meningkatkan performa teknis tetapi juga berperan penting dalam mengurangi risiko cedera akibat

ketidakseimbangan otot dan kelelahan otot stabilisator (Seifert & Carmignani, 2023).

2.2 Komposisi Lemak Tubuh

2.2.1 Pengertian Komposisi Lemak Tubuh

Komponen dalam menilai kebugaran jasmani antara lain daya tahan otot, kekuatan otot, ketahanan kardiorespirasi, kelenturan tubuh, dan komposisi tubuh. Komposisi tubuh merupakan rasio massa jaringan tubuh aktif dan tidak aktif dalam metabolisme energi (Perdana *et al.*, 2023). Komposisi tubuh terdiri dari proporsi lemak, tulang, air, dan otot (Ruslim *et al.*, 2024). Dalam komposisi tubuh, terdapat jaringan adiposa yang menyimpan lemak dalam bentuk trigliserida. Salah satu organ terbesar dalam tubuh merupakan jaringan lemak. Dengan berat badan normal, jaringan lemak terdapat pada laki-laki sebanyak 15-20% dan pada perempuan sebesar 20-25% dari total berat badan (Karundeng *et al.*, 2014).

Lemak merupakan suatu molekul yang terdiri atas oksigen, hidrogen, karbon, dan terkadang terdapat nitrogen serta fosforus. Lemak tubuh berfungsi dalam menyimpan cadangan energi, membentuk anatomis permukaan tubuh, menyerap tekanan (*shock absorbent*) atau jaringan penyokong, mengisolasi panas dalam tubuh, mengisi rongga tubuh agar terfiksasi dengan baik, serta berperan penting dalam proses metabolisme dan pelindung organ tubuh (Karundeng *et al.*, 2014). Tubuh manusia tersusun atas massa lemak dan massa non lemak. Komposisi lemak tubuh mengacu pada proporsi lemak yang tersimpan dalam berbagai bagian tubuh dibandingkan dengan komponen lainnya seperti tulang, air, dan otot. Lemak tubuh tersebar secara luas dalam jaringan subkutan, rongga abdomen, dan jaringan intramuskular. Massa lemak tubuh umumnya terdapat di jaringan subkutan lebih dari 50%, dalam rongga abdomen tersimpan sekitar 45% yang dikenal sebagai lemak visceral atau lemak yang tertumpuk di daerah perut

(*intrabdominal fat*), dan sisanya tersimpan di jaringan intramuskular sebanyak 5% (Munawaroh *et al.*, 2021).

Komposisi lemak tubuh menjadi salah satu komponen yang berhubungan dengan kebugaran dan kesehatan seseorang (Mighra & Djaali, 2021). Dalam konteks olahraga, khususnya renang, komposisi lemak tubuh menjadi indikator penting karena dapat memengaruhi performa atlet. Lemak tubuh terdiri dari lemak esensial yang diperlukan untuk fungsi fisiologis normal dan lemak penyimpanan yang berfungsi sebagai cadangan energi (Sulistyo *et al.*, 2023).

2.2.2 Jenis Lemak Tubuh

Lemak tubuh (*body fat*) terbagi menjadi dua kategori utama secara umum, yaitu lemak esensial dan lemak cadangan. Lemak esensial merupakan lemak yang dibutuhkan saat tubuh menjalankan fungsi-fungsi fisiologis secara normal. Lemak ini memiliki peran yang penting dalam tubuh, terutama dalam melindungi organ vital, mendukung keseimbangan hormonal, menjaga fungsi imun, serta mempunyai peran dalam proses reproduksi (Damayanti & Adriani, 2021). Terdapat beberapa lokasi lemak esensial dalam tubuh, antara lain di otak, sumsum tulang, jaringan saraf, serta di sekitar organ-organ vital seperti jantung, paru-paru, hati, dan organ reproduksi. Sementara itu, lemak cadangan merupakan cadangan dalam tubuh yang disimpan untuk digunakan saat diperlukan oleh tubuh. Lemak ini memiliki peran sebagai sumber energi cadangan, secara mekanis melindungi organ dalam terhadap benturan, serta menjadi insulator agar suhu tubuh tetap terjaga. Lemak cadangan disimpan terutama di jaringan subkutan, di sekitar organ internal sebagai lemak viseral, dan dalam jumlah kecil di dalam serat otot sebagai lemak intramuskular (Hall & Guyton, 2020).

Berdasarkan lokasinya, lemak tubuh juga dapat dibedakan menjadi lemak subkutan, lemak viseral, dan lemak intramuskular. Lemak

subkutan adalah lemak yang terletak di bawah permukaan kulit dan berfungsi menghangatkan tubuh, membentuk kontur tubuh, serta menyediakan cadangan energi (Sherwood, 2018). Sebaliknya, lemak viseral adalah lemak yang mengelilingi organ-organ internal di rongga perut, seperti hepar, gaster, dan organ intestinal. Meski dalam jumlah normal lemak viseral berperan dalam perlindungan organ, kelebihannya berbahaya karena berhubungan dengan peningkatan risiko penyakit metabolik, termasuk diabetes mellitus tipe 2 dan penyakit kardiovaskular. Lemak intramuskular adalah lemak yang tersimpan di dalam serat otot rangka dan berfungsi sebagai sumber energi selama aktivitas fisik (Mighra & Djaali, 2021).

Distribusi dan jumlah lemak tubuh dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti faktor genetik, hormonal, usia, serta tingkat aktivitas fisik (Damayanti & Adriani, 2021). Faktor genetik menentukan kecenderungan pola penyimpanan lemak, sementara hormon seperti estrogen dan testosteron mengatur distribusinya. Seiring bertambahnya usia, akumulasi lemak viseral cenderung meningkat. Tingkat aktivitas fisik juga sangat berperan, di mana individu yang aktif secara fisik biasanya memiliki persentase lemak tubuh yang lebih rendah dibandingkan individu yang kurang aktif (Woolf *et al.*, 2024). Lemak tubuh yang berlebih dapat berhubungan dengan obesitas dan berpengaruh terhadap fungsi otot serta mobilitas seseorang (Mighra & Djaali, 2021).

Terdapat dua jenis jaringan lemak dalam tubuh yang memiliki perbedaan dalam lokalisasi, warna, vaskularisasi, dan aktivitas metabolismenya. Secara histofisiologi, jaringan lemak terbagi menjadi :

1. Jaringan Lemak Putih (*White Adipose Tissue*)

Jaringan lemak putih tersebar di seluruh bagian tubuh dan banyak terdapat di jaringan subkutan. Ketebalan lemak putih berbeda pada beberapa daerah tergantung pada jenis kelamin dan umur.

Hal ini menyebabkan terdapat perbedaan pada bentuk tubuh laki-laki dan perempuan. Pada daerah kuduk, jaringan subkutan di atas otot *deltoides* dan *triceps*, daerah *lumbosakral*, dan bokong terjadi penimbunan lemak pada laki-laki. Sedangkan pada daerah dada, bokong, *epitrochanter*, serta permukaan anterior dan lateral paha terjadi penimbunan lemak pada perempuan. Penimbunan lemak berlebihan biasanya terjadi di daerah abdomen pada laki-laki. Sedangkan penimbunan lemak berlebihan pada perempuan sering terjadi pada daerah bokong (Karundeng *et al.*, 2014). Lemak pada daerah *omentum*, *mesenterium*, dan *retroperitoneal* dilepaskan paling awal saat tubuh membutuhkan energi. Terdapat beberapa jenis reseptor pada sel lemak putih yang berhubungan dengan fungsi sel lemak seperti reseptor insulin, reseptor epinefrin, reseptor estrogen, dan reseptor adrenokortikoid. Dalam metabolisme lemak juga hormon ikut berperan seperti hormon pertumbuhan, hormon prolaktin, dan hormon tiroid. Jaringan lemak berfungsi sebagai organ endokrin, parakrin, dan autokrin (Hall & Guyton, 2020).

2. Jaringan Lemak Coklat (*Brown Adipose Tissue*)

Jaringan lemak coklat jumlahnya lebih sedikit dan biasanya ditemukan pada bayi yang baru lahir. Lemak coklat berfungsi dalam menghasilkan panas tubuh (Sherwood, 2018). Pada suhu dingin, tubuh akan mengalami mekanisme yang diawali dengan reseptor sensoris kulit mengirim impuls ke otak dan mengaktifkan saraf simpatis. Kemudian, ujung saraf ini akan melepaskan norepinefrin yang berikatan dengan reseptor di sel lemak coklat. Setelah itu, enzim lipase sensitif hormon akan aktif dan memecah trigliserida menjadi asam lemak dan gliserol. Hal tersebut akan meningkatkan metabolisme dan produksi panas yang disertai dengan meningkatnya kebutuhan oksigen. Aktivitas mitokondria akan menghasilkan panas terutama oleh protein termogenin

(UCP1) yang dapat mengalirkan proton tanpa menghasilkan ATP, sehingga energi yang dilepaskan berupa panas. Jumlah termogenin yang banyak cenderung membuat orang sulit menjadi gemuk (Gaspar *et al.*, 2021).

2.2.3 Komposisi Lemak Tubuh pada Atlet Renang

Komposisi lemak tubuh pada atlet renang tidak hanya berfungsi sebagai cadangan energi, tetapi juga mempengaruhi termoregulasi tubuh saat berenang di air dingin, terutama dalam jarak tempuh jauh (*long-distance swimming*) (Szczepan, 2020). Lemak tubuh yang terlalu rendah dapat menyebabkan atlet kesulitan mempertahankan suhu tubuh saat berenang di perairan terbuka (*open water*), sehingga meningkatkan risiko hipotermia. Selain itu, lemak tubuh juga dapat membantu daya apung atlet di air dan menghemat energi yang dipakai (Muhamamsyah *et al.*, 2024).

Kemampuan untuk menghasilkan energi pada seseorang dipengaruhi oleh jaringan lemak yang terkandung dalam tubuh. Semakin banyak seseorang memiliki jaringan lemak maka semakin rendah kemampuan tubuh dalam menghasilkan energi karena jaringan lemak bersifat metabolismik tidak aktif, yang berarti selama aktivitas fisik tidak berkontribusi banyak dalam menghasilkan energi (Munawaroh *et al.*, 2021). Pada seseorang yang memiliki kelebihan berat badan, massa jaringan yang tidak aktif lebih banyak terkandung dalam tubuhnya dibandingkan dengan massa otot. Hal ini membuat otot akan berkontraksi lebih kuat untuk menopang tubuh dan akan meningkatkan beban kerja jantung dan paru-paru. Hal ini akan berpengaruh pada daya tahan kardiorespirasi yang dipengaruhi oleh IMT seseorang, dimana semakin tinggi IMT seseorang maka tingkat ketahanan kardiorespirasi akan semakin rendah (Perdana *et al.*, 2023).

Jaringan lemak memiliki sangat banyak vaskularisasi maka beban sirkulasi akan bertambah jika lemak tubuh meningkat. Hal ini terjadi karena setiap jaringan lemak bertambah banyak akan diikuti dengan bertambahnya pembuluh darah, sehingga beban kerja jantung akan bertambah (Munawaroh *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan walaupun lemak tubuh dapat menguntungkan bagi atlet renang, namun kelebihan lemak tubuh tetap akan merugikan karena efisiensi metabolismik dapat menurun dan beban kerja kardiovaskular akan bertambah saat latihan intensif (Setyawan *et al.*, 2024).

Terdapat perbedaan komposisi lemak tubuh berdasarkan kategori gaya renang. Perenang *sprint* (jarak pendek) cenderung memiliki massa otot yang lebih besar dan lemak yang lebih rendah dibandingkan dengan perenang jarak jauh, karena kebutuhan eksplosif lebih tinggi dalam lomba *sprint* (Seifert & Carmignani, 2023). Faktor biologis lain seperti jenis kelamin dan usia juga mempengaruhi distribusi lemak dan massa otot. Oleh karena itu, pelatih dan ahli gizi olahraga perlu melakukan penyesuaian program latihan dan nutrisi yang sesuai dengan profil fisiologis masing-masing atlet (Ruiz *et al.*, 2025).

Lean Body Mass (LBM) adalah total berat badan seseorang diluar dari lemak tubuhnya, yang berarti merupakan total dari pengukuran otot, tulang, organ-organ, air dan lainnya (Munawaroh *et al.*, 2021). Rasio lemak terhadap massa bebas lemak menjadi indikator yang lebih akurat untuk memprediksi performa atlet dibandingkan hanya melihat persentase lemak tubuh secara tunggal. Dalam konteks atletik, LBM sangat penting karena komponen ini berpengaruh pada metabolisme tubuh dan secara langsung berkontribusi pada produksi intensitas latihan, kekuatan dan efisiensi atlet. Atlet dengan LBM yang tinggi dibandingkan dengan berat badan total berarti mempunyai persentase jaringan aktif yang lebih besar. Hal ini dapat meningkatkan kinerja

fisik, meningkatkan efisiensi penggunaan energi dalam olahraga, dan distribusi energi akan lebih efektif sehingga tidak mudah lelah. LBM sangat berpengaruh dalam pembentukan kekuatan otot dan efisiensi gerakan (Stojanović *et al.*, 2022).

Persentase lemak tubuh yang rendah pada atlet renang akan mengurangi hambatan saat di air, menghasilkan dorongan lebih besar saat berenang, meningkatkan efisiensi metabolisme energi, serta kapasitas kardiovaskular akan lebih optimal (Espada *et al.*, 2023). Hal ini menunjukkan pengurangan persentase lemak tubuh melalui program latihan intensif dan pengaturan nutrisi dapat memperbaiki catatan waktu renang secara signifikan, khususnya pada atlet remaja yang sedang dalam masa pembentukan kapasitas fisik puncak (*peak performance age*). Maka dari itu, diperlukannya manajemen komposisi tubuh secara periodik untuk mencapai hasil optimal dalam kompetisi berenang (Samanipour *et al.*, 2024).

2.2.4 Metode Pengukuran Komposisi Lemak Tubuh

Pengukuran persentase lemak tubuh dapat dilakukan untuk menilai kadar lemak seseorang agar status gizi dan kondisi kesehatan seseorang dapat diidentifikasi (Perdana *et al.*, 2023). Antropometri merupakan metode pengukuran tubuh sederhana yang terdiri dari pengukuran berat badan, tinggi badan, dan lingkar perut. Dalam memperkirakan lemak tubuh, metode yang paling banyak dilakukan, sederhana, dan tidak mahal adalah Indeks Massa Tubuh (IMT). Namun, untuk mengukur lemak tubuh hanya menggunakan metode IMT tidak cukup karena nilai IMT dipengaruhi oleh massa otot. Jika massa otot meningkat maka IMT dapat meningkat pula nilainya. Hal ini menunjukkan bahwa IMT tidak dapat menilai lemak tubuh secara akurat (Fasitasari *et al.*, 2024). Pengukur berat badan manual tidak dapat membedakan antara massa lemak dan massa tanpa lemak (Sulistyo *et al.*, 2023).

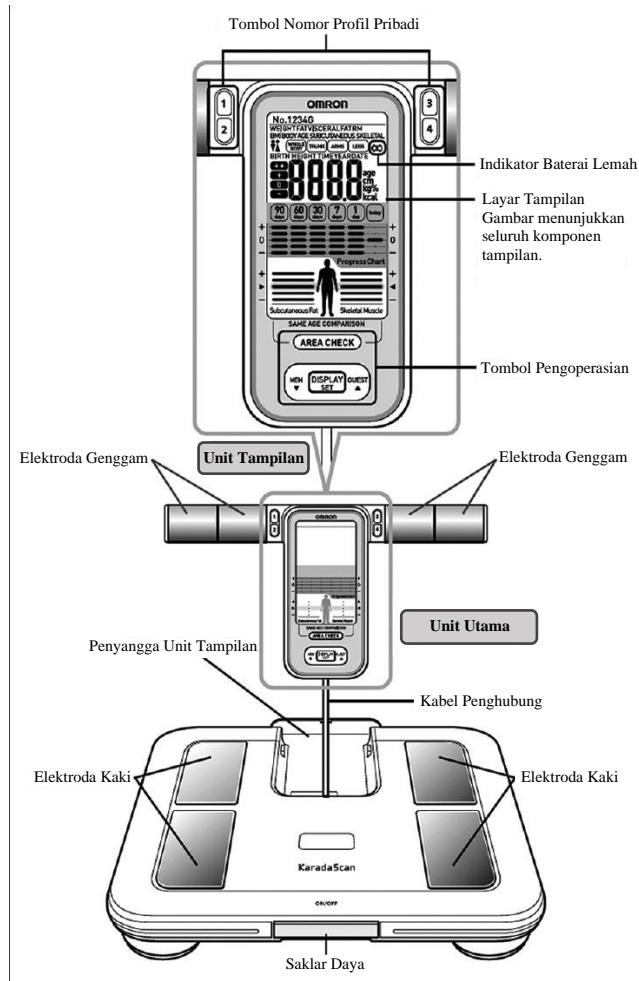
Metode pengukuran komposisi tubuh secara klinis sebagian besar didasarkan pada model yang memisahkan tubuh menjadi dua kompartemen berupa massa lemak dan massa tanpa lemak. Komponen yang diperhatikan dalam metode pengukuran komposisi tubuh berupa keakuratan, keandalan, kondisi dan kemudahan penggunaan, biaya, beban dan keselamatan peserta, serta aksesibilitas (Holmes & Racette, 2021). Metode pengukuran komposisi lemak tubuh secara klinis yang dapat digunakan, antara lain :

1. *Dual-energy X-ray Absorptiometry (DEXA)*

Dual-energy X-ray Absorptiometry (DEXA) merupakan salah satu metode dan pengambilan baku emas untuk pengukuran komposisi lemak tubuh (Holmes & Racette, 2021). Metode ini diawali dengan pemindaian pasien dan dilanjutkan dengan pengukuran penyerapan jaringan dari sinar X energi tinggi atau pun rendah. Untuk menghasilkan perkiraan yang akurat dari kandungan mineral tulang dan komposisi jaringan lunak, pada alat terdapat atenuasi atau pelemahan, yang bergantung pada ketebalan, kepadatan, dan kimiawi dari jaringan di bawahnya. Paparan radiasi walaupun dosisnya sangat rendah merupakan keterbatasan utama DEXA (Messina *et al.*, 2020).

2. *Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)*

Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) merupakan metode pengukuran persentase lemak tubuh dengan mengukur impedansi tubuh untuk menentukan tingkat lemak tubuh (Sulistyo *et al.*, 2023). Hasil dari metode BIA relatif sama dengan metode DEXA dan dilakukan dengan cara yang tidak invasif ke tubuh. Metode ini juga direkomendasikan pada populasi yang banyak. Dibandingkan dengan alat ukur lainnya, BIA merupakan metode pengukuran lemak tubuh yang sangat baik karena tidak melukai bagian tubuh, lebih murah, lebih sederhana dan cepat, serta lebih mudah digunakan (Fasitasari *et al.*, 2024).



Gambar 2.1 Alat *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) (Listiandi et al., 2022)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.1, alat *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) terdiri dari *display unit* yang dilengkapi layar digital, tombol operasi, dan indikator baterai. Kemudian, terdapat *grip electrodes* sebagai elektroda tangan, *foot electrodes* pada platform tempat responden berdiri, serta *cord* yang menghubungkan *display* dengan unit utama (Listiandi et al., 2022). *Display unit* menampilkan data input (umur, jenis kelamin, tinggi badan) dan hasil pengukuran. Elektroda tangan dan kaki berfungsi sebagai penghantar arus listrik kecil untuk mengukur impedansi tubuh, yang kemudian diproses oleh unit utama dan ditampilkan sebagai komposisi tubuh (persentase lemak, massa lemak, massa bebas lemak) (Sitoayu et al., 2020).

Prinsip yang digunakan oleh metode ini ialah dengan melewatkkan arus bolak-balik (AC) pada frekuensi tertentu ke dalam tubuh manusia. Arus bolak-balik (AC) yang dialirkan ke dalam tubuh manusia secara konsisten akan menghasilkan tegangan yang dapat diukur sehingga besarnya nilai impedansi tubuh dapat diketahui. Setelah mengetahui nilai impedansi tubuh, nilai ini akan digunakan menjadi acuan untuk mengukur lemak tubuh seseorang (Sitoayu *et al.*, 2020). Semua data pengukuran akan terkumpul dan diolah oleh *microcontroller* ke dalam suatu rumus sesuai dengan kebutuhan sehingga pengukuran komposisi tubuh dapat dihasilkan. Media yang digunakan pada alat ini berupa LCD TFT yang dapat dimasukkan data usia dan jenis kelamin pasien serta sebagai media penampilan data hasil keseluruan pengukuran dengan menggunakan fitur *touchscreen* (Sulistyo *et al.*, 2023).

3. *Skinfold Thickness*

Skinfold thickness merupakan metode untuk memprediksi lemak tubuh dengan cara mengukur ketebalan lipatan kulit di beberapa daerah di tubuh seperti pada otot *triceps*, *biceps*, *subscapular*, dan *suprailiaca* dengan kapiler. Prinsip dari metode ini ialah jumlah lemak subkutan sebanding dengan jumlah total lemak tubuh (Holmes & Racette, 2021). Metode *skinfold thickness* diawali dengan menentukan persamaan kepadatan tubuh (Db), kemudian menarik lipatan kulit dan lemak subkutan menjauh dari otot yang mendasarinya, dan akhirnya menempatkan kapiler lipatan kulit di atas lipatan tersebut. Terdapat dua jenis kapiler, yaitu kapiler logam dan kapiler plastik. Kapiler yang peka terhadap tekanan akan menyesuaikan ketebalan lipatan kulit dan memberikan hasil pengukuran dalam milimeter. Terdapat berbagai macam hasil pemeriksaan laboratorium terhadap lemak tubuh yang mempunyai hubungan kuat dengan *skinfold thickness* (Sitoayu *et al.*, 2020).

4. *Hydrostatic Weighing*

Hydrostatic Weighing (HW) adalah penimbangan bawah air atau hidrodensitometri yang merupakan metode pengukuran komposisi tubuh yang dianggap baku emas dalam menilai massa lemak dan non lemak (White *et al.*, 2024). Prinsip metode ini menggunakan hukum Archimedes, dimana saat tubuh direndam dalam air maka gaya yang sama dengan berat air yang dipindahkan akan menopang tubuh. Berat tubuh seseorang memiliki massa yang lebih kecil dalam air dibandingkan di darat, hal ini akan menghasilkan perkiraan volume tubuh melalui perbedaan berat tubuh. Jika massa non lemak semakin banyak dan massa lemak semakin sedikit maka di bawah air berat badan akan semakin besar, dan sebaliknya (Silveira *et al.*, 2024).

Setelah mengetahui volume dan massa seseorang, kepadatan tubuh dapat dihitung dengan menggunakan salah satu persamaan komposisi tubuh untuk metode *skinfold thickness* (Silveira *et al.*, 2024). Dalam penilaian HW, komponen tambahan dan penting yang dibutuhkan ialah volume paru-paru residual, yaitu jumlah udara tersisa dalam paru-paru setelah ekspirasi maksimal. Dalam perhitungan penimbangan hidrostastik komposisi tubuh, nilai ini harus ditambahkan agar menghindari prediksi yang terlalu tinggi dari persentase lemak (Cicone *et al.*, 2021).

5. *Air Displacement Plethysmography*

Air Displacement Plethysmography (ADP) merupakan metode pengukuran komposisi tubuh menggunakan densitometer dengan prinsip perpindahan udara, yang dilakukan dengan menggunakan BOD POD (Holmes & Racette, 2021). BOD POD merupakan alat untuk mengukur volume tubuh seseorang melalui perpindahan udara dimana alat berisi ruang dengan volume 450—500 L dan

sensor terkomputerisasi dengan keakuratan yang tinggi. BOD POD dapat menghitung 8 metrik komposisi tubuh setelah semua variabel yang dibutuhkan diukur (Bijlsma *et al.*, 2023).

6. Lingkar Pinggang dan Pinggul

Untuk memprediksi lemak perut dapat dilakukan dengan mengukur lingkar pinggang yang merupakan salah satu metode antropometri yang baik. Metode ini dapat dilakukan dengan menggunakan pita meteran elastis untuk mengukur lingkar pinggang (Sitoayu *et al.*, 2020). Adipositas perut yang berlebih dapat diidentifikasi dengan mengukur lingkar pinggang, dengan nilai pada wanita >80 cm dan >88 cm serta pada pria >94 cm dan >102 cm yang menunjukkan peningkatan risiko secara substansial untuk komplikasi metabolik (Holmes & Racette, 2021).

Dalam konteks monitoring atlet, penggunaan kombinasi metode sering kali menjadi pilihan terbaik. Misalnya, pengukuran *skinfold thickness* digunakan untuk evaluasi rutin karena murah dan cepat, sementara DEXA digunakan pada momen evaluasi tahunan atau sebelum kompetisi utama karena lebih akurat (Sitoayu *et al.*, 2020). Beberapa aplikasi dan alat *portable* berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan pemindaian *Three-Dimensional* (3D) juga mulai digunakan untuk memprediksi komposisi tubuh secara visual dan non-kontak. Namun, apapun metode yang dipilih, prosedur pengukuran harus dilakukan dalam kondisi standar dan konsisten agar hasil valid dan bisa digunakan dalam analisis performa jangka panjang (Ruslim *et al.*, 2024).

2.3 Kapasitas Fisik

2.3.1 Pengertian Kapasitas Fisik

Kapasitas fisik merupakan kemampuan tubuh dalam melakukan aktivitas fisik dengan efisien dan efektif. Kapasitas fisik dipengaruhi

oleh aktivitas fisik, jika aktivitas fisik menurun maka kapasitas fisik akan menunjukkan pola yang sama (Price *et al.*, 2024). Kapasitas fisik terdiri dari berbagai jenis seperti kekuatan, daya tahan, fleksibilitas, kecepatan, koordinasi, keseimbangan, kelincahan, dan daya ledak. Terdapat tiga komponen kesehatan utama kapasitas fisik berupa kapasitas kardiorespirasi, kapasitas otot, dan mobilitas. Dalam renang kategori *sprint* membutuhkan kecepatan dan daya ledak yang baik, sedangkan untuk renang kategori jarak jauh memerlukan daya tahan kardiorespirasi yang tinggi (Susanti *et al.*, 2021).

Kapasitas fisik yang optimal bagi atlet renang sangat penting untuk mendukung teknik, taktik, dan strategi yang digunakan selama kompetisi (Samanipour *et al.*, 2024). Kapasitas fisik dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor instrik yang mempengaruhi meliputi usia, jenis kelamin, genetik, dan status gizi, sementara faktor ekstrinsiknya berupa intensitas aktivitas fisik yang dilakukan, metode latihan, dan lingkungan latihan. Kemampuan fisik yang baik memungkinkan atlet untuk mempertahankan performa tinggi selama periode waktu yang lebih lama dan mengurangi risiko cedera (McKenzie *et al.*, 2023)

2.3.2 Kapasitas Fisik pada Atlet Renang

Dalam olahraga renang, teknik dan keterampilan khusus dibutuhkan dalam berbagai cabang olahraga renang seperti polo air, loncat indah, dan renang di perairan terbuka. Dalam menunjang performa renang yang optimal, dibutuhkan koordinasi yang baik antara kepala, tangan, dan kaki yang melibatkan kompleksitas dalam gerakan tubuh. Selain itu, dibutuhkan kapasitas fisik yang baik meliputi daya tahan fisik yang kuat, kekuatan otot lengan yang maksimal, integrasi antara kecepatan, kelincahan, kekuatan, dan kelentukan yang optimal (Setyawan *et al.*, 2024). Koordinasi gerakan yang selaras antara posisi tubuh, gerakan kaki dan tangan, serta teknik pernapasan yang efektif

dapat mempengaruhi kecepatan efisiensi dalam renang. Kecepatan merupakan komponen fisik yang menjadi faktor penting dan kunci dalam mendukung performa renang sehingga wajib dimiliki oleh para atlet renang (Seifert & Carmignani, 2023).

Terdapat beberapa komponen kapasitas fisik yang sangat penting dalam renang meliputi:

1. Daya Tahan Fisik

Daya tahan fisik yang kuat berhubungan dengan seseorang yang memiliki kemampuan untuk memaksimalkan tubuhnya saat renang, daya tahan fisik akan meningkat jika latihan fisik meningkat. Latihan fisik yang baik akan membuat kemampuan otot dalam melakukan kontraksi berulang tanpa mengalami kelelahan, terutama dalam renang jarak menengah dan jauh, hal ini merupakan hal yang sangat penting. Daya tahan fisik yang baik memungkinkan perenang untuk mempertahankan kecepatan dan teknik yang konsisten sepanjang lomba (Muranaka *et al.*, 2021).

2. Kekuatan Otot Ekstremitas Atas dan Bawah

Kekuatan otot lengan dan kaki yang maksimal berarti pada saat atlet mengeluarkan tenaga secara maksimal untuk melawan resistensi air sehingga menghasilkan dorongan yang efektif di air. Gerakan tangan dan kaki yang kuat memungkinkan perenang untuk melaju lebih cepat dan efisien (Fone & Tillaar, 2020).

3. Kelincahan

Kelincahan merupakan kemampuan atlet renang beradaptasi dengan cepat agar bergerak lebih gesit sehingga dapat mengkoordinasikan pergerakan seluruh anggota tubuh menjadi lebih efektif di dalam air (Setyawan *et al.*, 2024).

4. Kelentukan

Kelentukan merupakan upaya dalam mencegah cedera dan meningkatkan kekuatan dalam berenang. Fleksibilitas yang baik pada bahu dan pergelangan kaki memungkinkan rentang gerak

yang lebih luas sehingga teknik renangnya menjadi lebih efisien dan tetap mengurangi risiko cedera (Kuhn & Legerlotz, 2022).

5. Koordinasi dan Keseimbangan

Kemampuan untuk mengoordinasikan gerakan tubuh dan menjaga keseimbangan di air sangat penting untuk menjaga posisi tubuh yang optimal dan mengurangi hambatan air (Setyawan *et al.*, 2024).

Atlet renang yang memiliki kapasitas fisik yang baik dalam komponen-komponen tersebut cenderung memiliki performa yang lebih tinggi dan risiko cedera yang lebih rendah. Kapasitas fisik yang optimal memiliki hubungan yang signifikan dengan performa atlet renang. Kekuatan otot yang baik memungkinkan perenang untuk menghasilkan dorongan yang lebih kuat, sementara daya tahan otot yang tinggi memungkinkan atlet untuk mempertahankan kecepatan selama lomba (Ruiz *et al.*, 2025). Fleksibilitas yang baik membantu dalam mencapai teknik renang yang efisien, dan koordinasi yang baik memastikan gerakan yang harmonis dan efektif. Peningkatan kapasitas fisik melalui program latihan yang terstruktur dapat menghasilkan peningkatan performa yang signifikan pada atlet renang. Sebaliknya, kekurangan dalam salah satu komponen kapasitas fisik dapat membatasi kemampuan atlet untuk mencapai performa optimal (Fatikhawati *et al.*, 2021).

Evaluasi kapasitas fisik atlet renang dilakukan untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan atlet secara individu, serta untuk merancang program latihan yang sesuai (Suchomel *et al.*, 2016). Beberapa tes yang umum digunakan meliputi:

1. Tes Kekuatan Otot

Pengukuran kekuatan otot lengan dan kaki menggunakan alat seperti dinamometer atau melalui tes angkat beban (Fone & Tillaar, 2022).

2. Tes Daya Tahan Otot

Tes seperti *push-up*, *sit-up*, atau tes berenang jarak jauh untuk mengukur kemampuan otot dalam melakukan kontraksi berulang (Keiner *et al.*, 2021).

3. Tes Fleksibilitas

Tes *sit and reach* untuk mengukur fleksibilitas punggung bawah dan *hamstring*, serta tes fleksibilitas bahu dan pergelangan kaki (Kuhn & Legerlotz, 2022).

4. Tes Koordinasi dan Keseimbangan

Tes seperti *standing stork test* untuk keseimbangan dan tes koordinasi tangan-mata (Suchomel *et al.*, 2016).

Hasil dari tes-tes ini digunakan untuk merancang program latihan yang ditargetkan untuk meningkatkan komponen kapasitas fisik yang kurang, serta untuk memantau kemajuan atlet dari waktu ke waktu (Ruiz *et al.*, 2024)

2.4 Kapasitas Kardiorespirasi

2.4.1 Pengertian Kapasitas Kardiorespirasi

Kapasitas kardiorespirasi adalah kemampuan sistem pernapasan dan kardiovaskular dalam menyuplai oksigen ke jaringan tubuh saat melakukan aktivitas fisik berkelanjutan (Muharamsyah *et al.*, 2024).

Kemampuan ini menjadi parameter penting dalam menilai kebugaran aerobik seseorang, termasuk atlet renang. Sistem kardiorespirasi yang baik memungkinkan otot bekerja lebih lama tanpa mengalami kelelahan dini karena pasokan oksigen yang optimal (Espada *et al.*, 2023).

Daya tahan kardiorespirasi adalah kemampuan seseorang dalam menggunakan sistem jantung, paru, dan peredaran darahnya secara efektif untuk menjalankan kerja secara terus menerus yang melibatkan kontraksi sejumlah otot-otot dalam waktu yang cukup lama (Damayanti & Adriani, 2021). Daya tahan kardiorespirasi berhubungan dengan konsumsi oksigen dengan *metabolic equivalent*

yang akan memengaruhi kapasitas fungsional dalam melakukan aktivitas fisik (Azzahra *et al.*, 2022).

Pada olahraga renang, efisiensi kardiorespirasi sangat vital karena olahraga ini mengandalkan kekuatan aerobik dalam mendukung aktivitas berkelanjutan, terutama pada renang kategori jarak menengah dan jarak jauh (Patel *et al.*, 2017). Atlet dengan kapasitas kardiorespirasi tinggi menunjukkan efisiensi energi, frekuensi napas lebih stabil, dan resistensi terhadap kelelahan yang lebih baik (Syahputra *et al.*, 2024).

2.4.2 Volume Oksigen Maksimum ($\text{VO}_2 \text{ max}$) pada Atlet Renang

Persentase lemak tubuh, persentase massa otot, nilai endomorph, nilai ectomorph dengan nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$ memiliki hubungan yang signifikan. Persentase lemak tubuh merupakan variabel yang paling mempengaruhi nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$. Ketahanan kardiorespirasi sebagai salah satu komponen kebugaran dapat dilihat dari jumlah $\text{VO}_2 \text{ max}$ yang dihasilkan (Syahputra *et al.*, 2024). Selain itu, komposisi tubuh juga merupakan salah satu indikator dalam mengetahui tingkat kebugaran. Pada remaja pria, terjadi peningkatan massa otot yang berbeda dibanding remaja wanita. Nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$ sebagai komponen kebugaran, pada atlet pria usia remaja dan dewasa awal (10-30 tahun) berhubungan signifikan dengan komposisi tubuh seperti IMT, *Lean Body Mass* (LBM), lemak tubuh, massa tubuh, dan massa lemak (Perdana *et al.*, 2023).

Volume oksigen maksimum ($\text{VO}_2 \text{ max}$) merupakan indikator paling valid untuk mengukur kapasitas kardiorespirasi. Nilai $\text{VO}_2 \text{ max}$ menunjukkan jumlah maksimal oksigen yang dapat digunakan tubuh per menit per kilogram berat badan saat latihan intens. Semakin tinggi nilai $\text{VO}_2 \text{ Max}$, semakin besar kapasitas aerobik seseorang (Aditia *et al.*, 2018). $\text{VO}_2 \text{ Max}$ dipengaruhi oleh faktor genetik, usia, jenis

kelamin, serta tingkat latihan. Atlet yang menjalani latihan aerobik intensif seperti renang biasanya memiliki VO₂ Max yang lebih tinggi dibandingkan individu yang tidak terlatih (Brian *et al.*, 2023).

Nilai VO₂ Max normal pada atlet renang bervariasi berdasarkan jenis kelamin dan tingkat pelatihan. Atlet pria biasanya memiliki VO₂ max antara 60–75 ml/kg/menit, sedangkan wanita antara 55–65 ml/kg/menit (Aditia *et al.*, 2018). Perenang jarak jauh memiliki VO₂ max yang lebih tinggi dibanding perenang *sprint* karena dominasi sistem energi aerobik dalam perenang jarak jauh (Degens *et al.*, 2019).

2.4.3 Kapasitas Kardiorespirasi pada Atlet Renang

Aktivitas fisik yang tinggi dan latihan kebugaran kardiorespirasi rutin mampu mengurangi risiko terjadinya hipertensi arteri esensial pada atlet cabang olahraga renang (Espada *et al.*, 2023). Latihan fisik merupakan salah satu metode kesehatan agar proses metabolisme energi tubuh tetap stabil. Keuntungan yang melekat dari latihan fisik berasal dari peningkatan curah jantung dan peningkatan kemampuan otot untuk mengekstraksi dan memanfaatkan oksigen dari darah (Patel *et al.*, 2017).

Kapasitas kardiorespirasi tinggi mendukung performa renang dengan meningkatkan ketahanan tubuh terhadap kelelahan, memperbaiki pemulihan, dan mendukung aktivitas otot dalam jangka panjang. Terdapat studi yang menunjukkan korelasi signifikan antara peningkatan VO₂ max dan kecepatan renang pada nomor 400 meter ke atas. Kapasitas ini juga berpengaruh pada efisiensi teknik, karena tubuh memiliki cukup energi untuk mempertahankan pola gerakan optimal. VO₂ max yang tinggi menunjukkan kapasitas tubuh dalam menyerap, mengangkut, dan menggunakan oksigen secara maksimal selama aktivitas fisik (Sartor *et al.*, 2019). Dalam renang, VO₂ max yang tinggi memungkinkan pasokan oksigen yang stabil ke otot aktif,

terutama saat berenang dalam tempo tinggi atau durasi panjang. Selain itu juga, dapat terjadi pemulihan cepat antar gerakan sehingga perenang dapat menjaga ritme tanpa kehilangan teknik yang baik. Kemudian, $\text{VO}_2 \text{ max}$ yang tinggi dapat menurunkan kelelahan otot lebih lambat, yang artinya atlet dapat mempertahankan posisi tubuh streamline, kekuatan dorongan tangan dan kaki, serta frekuensi gerakan yang konsisten dalam jangka waktu lebih lama. Dengan demikian, kapasitas $\text{VO}_2 \text{ max}$ yang tinggi secara langsung berkontribusi terhadap efisiensi teknik, karena atlet mampu mempertahankan teknik optimal selama lomba tanpa mengalami degradasi gerakan akibat kelelahan (Brian *et al.*, 2023).

Metode latihan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan kapasitas fisik meliputi pelatihan interval intensitas tinggi (*High-Intensity Interval Training/HIIT*) dan pelatihan kontinu intensitas tinggi (*High-Intensity Continuous Training/HICT*) (Ito, 2019). HIIT menggunakan sistem energi anaerobik dengan volume latihan rendah namun intensitas tinggi diselingi interval pemulihan, sementara HICT menggunakan sistem energi aerobik dengan volume latihan lebih tinggi dan intensitas relatif lebih rendah. Kedua metode ini, khususnya dengan latihan berenang gaya bebas, efektif dalam meningkatkan $\text{VO}_2 \text{ max}$, namun HIIT terbukti memberikan pengaruh yang lebih unggul (Fatikhawati *et al.*, 2021).

High-Intensity Interval Training (HIIT) melibatkan kinerja otot jantung dan otot rangka dalam menanggapi beban interval, sehingga meningkatkan kapasitas latihan daya tahan fisik serta mendukung adaptasi sistem kardiorespirasi, termasuk jantung dan paru-paru. Secara fisiologis, metode ini memberikan tekanan fisik yang menghasilkan respons adaptasi tubuh.

Selain itu, pelatihan olahraga yang dilakukan secara rutin dan terprogram menimbulkan *training effect* berupa penurunan denyut

nadi istirahat, yang terjadi akibat peningkatan aktivasi saraf parasimpatik sebagai bentuk adaptasi kardiovaskular (Fatikhawati *et al.*, 2021). Latihan berkepanjangan juga meningkatkan aktivasi saraf parasimpatis, menurunkan resistensi perifer, meningkatkan *stroke volume*, dan menurunkan denyut jantung istirahat, sehingga berkontribusi positif terhadap pencegahan penyakit kardiovaskular. Efektivitas penurunan denyut jantung istirahat dipengaruhi oleh intensitas, durasi, dan jenis olahraga yang dilakukan (Ito, 2019).

Terdapat penelitian lain yang juga menyatakan bahwa latihan dapat meningkatkan kapasitas kardiorespirasi. Penelitian tersebut dituliskan pada tabel di bawah ini.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Desain	Variabel	Hasil penelitian
Espada <i>et al.</i> (2023)	<i>Body Composition Relationship to Performance, Cardiorespiratory Profile, and Tether Force in Youth Trained Swimmers</i>	Eksperimen dengan pendekatan komparatif	Komposisi tubuh (massa lemak dan massa bebas lemak), performa renang, profil kardiorespirasi, dan gaya dorong dalam renang <i>tethered</i>	Massa bebas lemak tubuh bagian atas dan bawah berkorelasi dengan performa renang di jarak 200 m, serta komposisi tubuh berpengaruh pada kapasitas fisiologis aerobik dan produksi energi selama renang
Szczepan <i>et al.</i> (2020)	<i>Effects of Swimming with Added Respiratory Dead Space on Cardiorespiratory Fitness and Lipid Metabolism</i>	Eksperimen dengan kelompok kontrol	<i>Added Respiratory Dead Space (ARDS)</i> selama latihan renang, kebugaran kardiorespirasi (VO_2 max, ventilasi, <i>heart rate</i>), dan metabolisme lipid (kadar gliserol dalam darah)	Latihan renang dengan ARDS selama 6 minggu tidak meningkatkan kebugaran kardiorespirasi atau metabolisme lipid secara signifikan. Hanya terjadi peningkatan <i>Respiratory Exchange Ratio (RER)</i> pada beban kerja maksimal
Damayanti & Adriani (2021)	<i>Correlation Between Percentage of Body Fat with Speed and Cardiorespiratory Endurance among</i>	Studi <i>cross-sectional</i> observasional analitik	Persentase lemak tubuh, kecepatan sprint, dan	Ada korelasi positif antara persentase lemak tubuh dengan waktu sprint (semakin

	<i>Futsal Athletes in Surabaya</i>	daya tahan kardiorespirasi	tinggi lemak, semakin lambat kecepatan). Sebaliknya, ada korelasi negatif antara lemak tubuh dengan daya tahan kardiorespirasi (semakin tinggi lemak, semakin rendah daya tahan tubuh)
Arslan & Aras (2016)	<i>Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes</i>	Studi observasional dengan pendekatan laboratorium dan uji lapangan	Komposisi tubuh, variabilitas detak jantung, performa aerobik dan anaerobik
Giovanelli et al. (2024)	<i>Body composition assessment in a large cohort of Olympic athletes with different training loads: possible reference values for fat mass and fat-free mass domains</i>	Studi retrospektif observasional	Massa lemak dan massa bebas lemak, indeks massa lemak dan massa bebas lemak dalam berbagai kategori olahraga

2.4.4 Metode Pengukuran VO₂ Max

Pengukuran VO₂ max dapat dilakukan dengan beberapa metode, baik di laboratorium maupun di lapangan, antara lain:

1. Tes Laboratorium Langsung

Tes laboratorium merupakan metode paling akurat untuk mengukur VO₂ max. Pengujian dilakukan menggunakan treadmill

atau ergometer sepeda, disertai dengan analisis gas pernapasan secara langsung menggunakan perangkat metabolik (Dugas *et al.*, 2023). Selama tes, subjek menjalani protokol peningkatan beban secara bertahap hingga kelelahan, sementara volume udara yang dihirup dan kandungan oksigennya diukur secara real-time. Salah satu protokol terkenal adalah Bruce Protocol untuk treadmill, di mana kecepatan dan kemiringan meningkat bertahap setiap 3 menit. Metode ini sangat akurat, namun memerlukan alat khusus, biaya yang tinggi, dan tenaga ahli untuk pelaksanaan dan interpretasinya (Fitrianto, 2023).

2. Tes Submaksimal

Tes submaksimal dirancang untuk memperkirakan $\text{VO}_2 \text{ max}$ tanpa hingga titik kelelahan maksimal. Metode submaksimal ini lebih praktis untuk aplikasi lapangan dan evaluasi berkala. Metode submaksimal ini lebih mudah dilakukan dan lebih aman terutama bagi populasi non-atletik, namun hasilnya kurang akurat dibandingkan pengukuran laboratorium (Bennet *et al.*, 2016). Terdapat beberapa jenis tes submaksimal, yaitu:

a. Tes *Cooper*

Tes *Cooper* adalah salah satu metode lapangan klasik, di mana pasien diminta berlari sejauh mungkin selama 12 menit di lintasan datar. Jarak yang ditempuh kemudian digunakan dalam rumus prediksi untuk menghitung estimasi $\text{VO}_2 \text{ max}$. Tes ini sederhana, murah, dan efektif untuk mengukur kebugaran kardiorespirasi populasi umum maupun atlet (Alvero *et al.*, 2019).

b. *Beep Test (Multistage Fitness Test)*

Dalam tes ini, peserta berlari bolak-balik antara dua titik yang berjarak 20 meter, mengikuti bunyi 'beep' yang semakin cepat. Kecepatan meningkat secara bertahap, dan peserta harus menyelesaikan lintasan sebelum bunyi berikutnya. $\text{VO}_2 \text{ max}$

diperkirakan berdasarkan level terakhir yang berhasil diselesaikan. *Beep test* sangat populer untuk mengukur kebugaran di kalangan atlet, militer, dan pelajar (Macmahon *et al.*, 2019).

c. *Step Test*

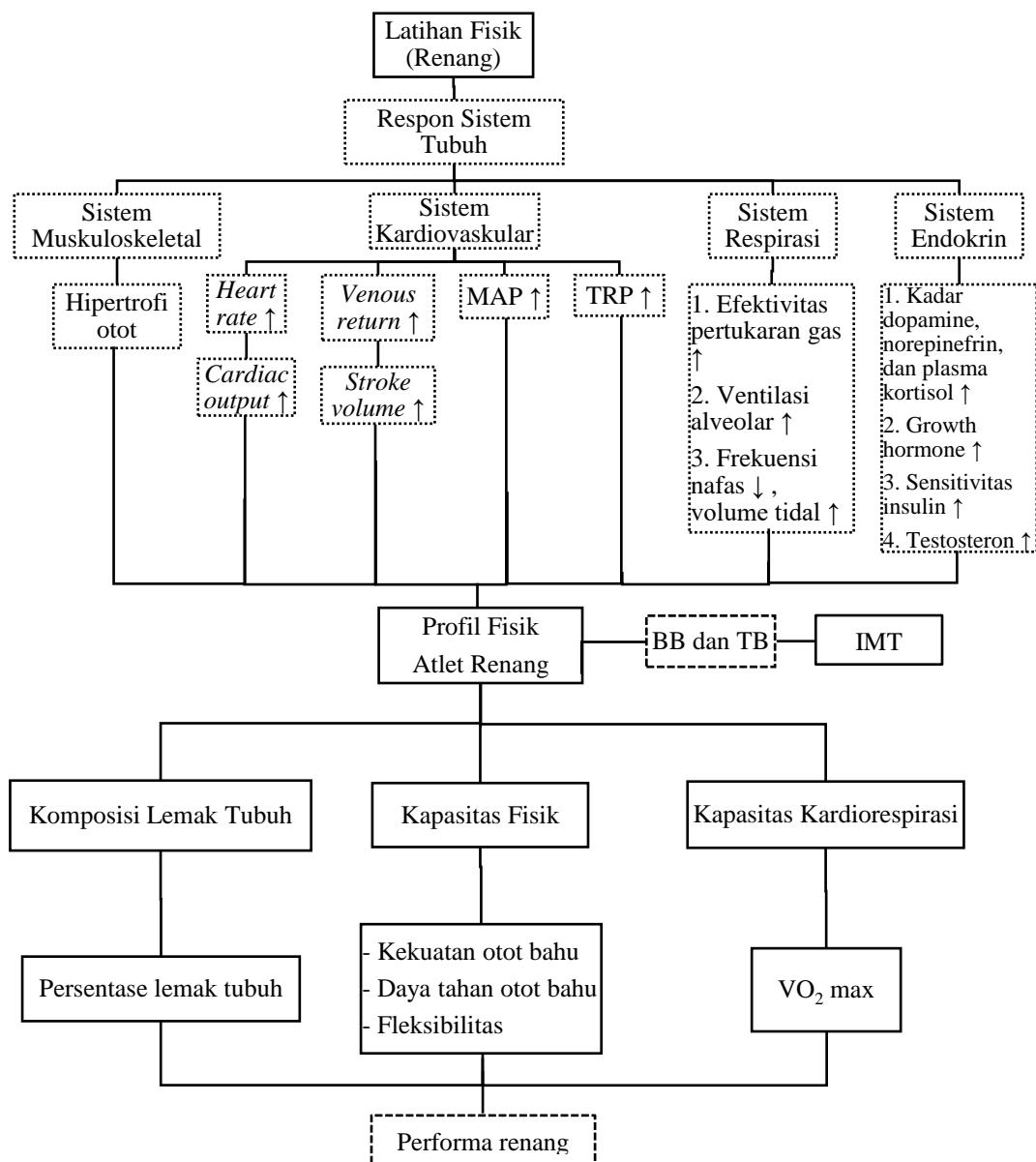
Tes ini menggunakan bangku dengan ketinggian standar. Peserta melakukan gerakan naik turun bangku selama waktu tertentu dengan irama tertentu (biasanya diatur oleh metronom). Setelah aktivitas selesai, denyut nadi diukur, dan $\text{VO}_2 \text{ max}$ diprediksi berdasarkan denyut nadi pemulihan. Contoh protokol terkenal adalah *Harvard Step Test* dan *Queens College Step Test* (Heydari *et al.*, 2017).

3. Tes Renang Langsung

Tes renang langsung mengadaptasi pengukuran $\text{VO}_2 \text{ max}$ untuk lingkungan akuatik. Peserta berenang dengan snorkel khusus yang dilengkapi sensor analisis gas, memungkinkan pengukuran konsumsi oksigen selama aktivitas renang. Tes ini menawarkan pendekatan yang spesifik untuk atlet renang, namun membutuhkan peralatan canggih, mahal, dan keterampilan teknis yang tinggi baik dari peserta maupun penguji (Aditia *et al.*, 2018).

2.5 Kerangka Teori

Penelitian ini didasarkan pada pentingnya profil fisik atlet renang yang mencakup karakteristik fisik dan kapasitas fisiologis sebagai faktor yang berkontribusi terhadap performa olahraga. Variabel-variabel tersebut meliputi komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi yang masing-masing memiliki peran dalam mendukung efisiensi gerakan serta kemampuan daya tahan tubuh selama aktivitas renang. Adapun kerangka teori dari penelitian ini disajikan sebagai berikut:



Keterangan :

- Variabel yang diteliti
- Variabel yang tidak diteliti

Gambar 2.2 Kerangka Teori (Farrell & Turgeon, 2023; Jee, 2020; Patel & Zwibel, 2022; Sherwood, 2018)

Latihan fisik berupa renang berperan sebagai stimulus fisiologis yang menghasilkan respon multi-sistem pada tubuh seperti sistem muskuloskeletal, kardiovaskular, respirasi, dan endokrin. Pada sistem muskuloskeletal, latihan renang menstimulasi hipertrofi otot dan peningkatan rekrutmen unit motorik, khususnya pada kelompok otot bahu, punggung, *core*, dan tungkai (Sherwood, 2018). Repetisi gerak dalam rentang luas akan menghasilkan adaptasi yang meningkatkan kekuatan dan daya tahan otot, serta mendukung fleksibilitas bahu dan panggul. Secara fungsional, hipertrofi dan kualitas otot memperbaiki gaya dorong dan efisiensi teknik renang, yang kemudian tercermin pada indikator kapasitas fisik yang diukur (Jee, 2020).

Pada sistem kardiovaskular, latihan dinamis dalam air akan meningkatkan *heart rate* dan *stroke volume*, sehingga *cardiac output* juga meningkat. Efek dari *muscle pump*, posisi tubuh yang horizontal, dan tekanan hidrostatik ialah *venous return* akan bertambah. Saat beban kerja meningkat, *mean arterial pressure* (MAP) pun dapat meningkat ringan (Farrel & Turgeon, 2023). Sedangkan, secara fisiologis, total resistensi perifer (TRP) cenderung akan menurun akibat vasodilatasi metabolik di otot, meskipun terdapat modulasi simpatis pada jaringan non-aktif. Adaptasi kronik yang umum ialah *resting bradycardia*, peningkatan volume plasma, dan dimensi ventrikel kiri, yang berkontribusi pada peningkatan kapasitas kardiorespirasi (Sherwood, 2018).

Sistem respirasi juga akan dipengaruhi oleh latihan renang yang menstimulasi peningkatan ventilasi alveolar dan efektivitas pertukaran gas melalui peningkatan volume tidal dan frekuensi napas sesuai kenaikan beban kerja (Patel & Zwibel, 2022). Pada renang, kontrol napas ritmis dan

tekanan hidrostatik dapat memperbaiki *ventilation-perfusion matching*. Adaptasi respirasi ini menopang peningkatan VO₂ max serta efisiensi penggunaan oksigen otot (Jee, 2020).

Pada sistem endokrin, respon akut mencakup peningkatan katekolamin (dopamin, norepinefrin), plasma kortisol, serta lonjakan *growth hormone* dan testosteron yang mendukung anabolisme otot. Latihan renang yang teratur akan meningkatkan sensitivitas insulin dan memodulasi profil adipokin, yang bermuara pada komposisi tubuh lebih baik seperti penurunan massa lemak dan peningkatan massa bebas lemak (Patel & Zwibel, 2022).

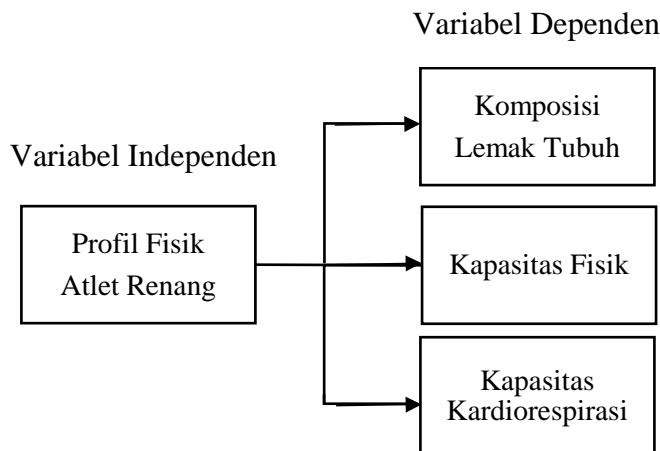
Proses latihan berulang akan menghasilkan respon akut yang membentuk adaptasi kronik seperti yang dijelaskan sebelumnya dan akhirnya akan memengaruhi profil fisik atlet renang (Sherwood, 2018). Pada penelitian ini, profil fisik atlet renang diidentifikasi melalui karakteristik fisik, komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi. Karakteristik fisik meliputi berat dan tinggi badan atlet, yang dinilai dengan indeks massa tubuh (IMT) atlet untuk memberikan gambaran proporsi tubuh atlet. Tinggi badan atlet memengaruhi efisiensi gerak di air, sedangkan IMT atlet berkaitan dengan status gizi dan adipositas visceral (Jee, 2020).

Komposisi lemak tubuh dinilai melalui persentase lemak tubuh atlet. Massa otot yang lebih besar dapat mendukung daya dorong dan efisiensi gerak, sementara kadar lemak rendah membantu mengurangi hambatan (*drag*) dan memperbaiki posisi *streamline*. Kapasitas fisik berupa kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas berperan sangat penting dalam menjaga kualitas tarikan, dorongan, serta efisiensi teknik renang (Farrel & Turgeon, 2023). Selain itu, kapasitas kardiorespirasi yang direpresentasikan oleh VO₂ max menunjukkan kemampuan sistem transport oksigen. Nilai VO₂ max yang tinggi secara langsung berkaitan dengan daya tahan dan kecepatan renang, khususnya pada nomor jarak menengah-jauh (Patel & Zwibel, 2022).

Secara konseptual, keempat aspek tersebut saling berkontribusi terhadap performa renang melalui mekanisme biomekanik, bioenergetik, dan regulasi fisiologis. Tinggi badan dan massa bebas lemak meningkatkan jangkauan gerak dan gaya dorong, sementara lemak berlebih menambah hambatan. $\text{VO}_2 \text{ max}$ yang lebih tinggi dan daya tahan otot menunjang produksi energi aerobik yang stabil, dan adaptasi sistem kardiovaskular-respirasi serta endokrin memperbaiki distribusi oksigen dan pemanfaatan energi. Dalam penelitian ini, performa renang diposisikan sebagai *outcome* konseptual yang tidak diukur secara langsung (Sherwood, 2018).

2.6 Kerangka Konsep

Penelitian ini menganalisis hubungan profil fisik atlet renang dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi. Adapun kerangka konsep dari penelitian ini disajikan sebagai berikut:



Gambar 2.3 Kerangka Konsep

Penelitian ini menggunakan profil fisik atlet renang sebagai variabel bebas yang terdiri dari Indeks Massa Tubuh (IMT). Profil fisik tersebut dipandang sebagai determinan morfologis dan fungsional yang memengaruhi kapasitas fisiologis atlet. Adapun variabel terikat pada penelitian ini meliputi komposisi lemak tubuh (persentase lemak tubuh), kapasitas fisik (kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, fleksibilitas), dan kapasitas kardiorespirasi ($\text{VO}_2 \text{ max}$). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara profil fisik atlet renang dengan ketiga aspek fisiologis tersebut.

2.7 Hipotesis

1. **H0:** Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan komposisi lemak tubuh (persentase lemak tubuh).
H1: Terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan komposisi lemak tubuh (persentase lemak tubuh).
2. **H0:** Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas fisik (kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas).
H1: Terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas fisik (kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas).
3. **H0:** Tidak terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas kardiorespirasi (VO_2 max).
H1: Terdapat hubungan yang signifikan antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas kardiorespirasi (VO_2 max).

BAB III **METODE PENELITIAN**

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian analitik observasional jenis komparatif kategorik dengan pendekatan *cross-sectorial* yang memiliki tujuan untuk menganalisis hubungan profil fisik atlet renang di Provinsi Lampung dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Sekretariat Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Provinsi Lampung dan Stadion PKOR Way Halim, Bandar Lampung. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – November 2025.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Penelitian

Populasi pada penelitian ini adalah seluruh atlet renang di Provinsi Lampung yang berada dalam binaan Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Provinsi Lampung. Berdasarkan data KONI Provinsi Lampung, jumlah atlet renang binaan yang aktif tercatat sebanyak 45 orang.

3.3.2 Sampel Penelitian

Penentuan sampel pada penelitian ini adalah atlet renang binaan Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Provinsi Lampung yang masuk dalam kriteria inklusi dan eksklusi. Teknik *sampling* pada penelitian ini menggunakan *total sampling* dengan mengambil seluruh sampel pada populasi yang ada serta memenuhi kriteria

inklusi dan eksklusi. Oleh karena itu, total sampel yang akan digunakan pada penelitian ini berjumlah 45.

3.3.3 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pengambilan sampel dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, yaitu:

1. Kriteria Inklusi

- a. Atlet renang binaan Komite Olahraga Nasional Indonesia (KONI) Provinsi Lampung.
- b. Berusia 15–25 tahun yang merupakan kategori remaja akhir hingga dewasa muda, sesuai usia umum atlet renang kompetitif (Alves *et al.*, 2022).
- c. Laki-laki maupun perempuan.
- d. Berdomisili di Provinsi Lampung.
- e. Bersedia menjadi sampel penelitian dengan menandatangani lembar *informed consent*.
- f. Aktif menjalani latihan renang secara rutin minimal selama satu tahun terakhir untuk memastikan status atlet yang aktif dilatih dan memiliki adaptasi fisiologis yang stabil (Jee, 2020).
- g. Responden dalam kondisi sehat secara fisik dan tidak mengalami cedera saat pemeriksaan dilakukan.

2. Kriteria Eksklusi

- a. Tidak menyelesaikan seluruh rangkaian penelitian hingga akhir.
- b. Responden ditemukan dalam kondisi sakit atau cedera saat pemeriksaan dilakukan.

3.4 Identifikasi Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas (*independent variable*)

Variabel bebas atau *independent variable* pada penelitian ini adalah profil fisik atlet renang binaan Komite Olahraga Nasional Indonesia

(KONI) Provinsi Lampung. Pada penelitian ini, profil fisik atlet renang dinilai dari Indeks Massa Tubuh (IMT). Pemilihan indikator tersebut didasarkan pada literatur yang menyebutkan bahwa antropometri berupa berat dan tinggi badan berperan penting terhadap efisiensi gerak, gaya dorong, serta distribusi energi pada atlet renang (Sugiarto & Hartanto, 2021).

3.4.2 Variabel Terikat (*dependent variable*)

Variabel terikat atau *dependent variable* pada penelitian ini adalah komposisi lemak tubuh yang diukur dalam bentuk persentase lemak tubuh, kapasitas fisik yang dinilai melalui kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas, serta kapasitas kardiorespirasi yang dinilai melalui pengukuran VO₂ max.

Pemilihan variabel terikat ini didasarkan pada teori fisiologi olahraga yang menjelaskan bahwa performa renang dipengaruhi oleh efisiensi tubuh dalam mengatur komposisi lemak, kekuatan otot, serta kapasitas transport oksigen (Sherwood, 2018). Dengan demikian, penelitian ini berfokus pada analisis hubungan antara profil fisik dengan tiga aspek utama penentu performa renang.

3.5 Definisi Operasional

Tabel 3.1 Definisi Operasional Variabel

Variabel	Definisi	Pelaksana	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
Profil Fisik Atlet Renang	Profil fisik atlet renang yang optimal mencakup keseimbangan antara kekuatan otot, daya tahan kardiorespirasi, fleksibilitas, serta koordinasi motorik yang optimal (Sinclair & Roscoe, 2023)	Pengukuran dilakukan oleh fasilitator : Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K., FISCM.	Hasil pengukuran dengan alat timbangan dan <i>microtoise</i>	- Berat Badan (kg) - Tinggi Badan (cm) - IMT (kg/m^2) : <i>Underweight</i> = < 18.5 Normal = $18.5 - 22.9$ <i>Overweight</i> = $23.0 - 24.9$ Obesitas I = $25.0 - 29.9$ Obesitas II = ≥ 30.0 (Kemenkes, 2025)	- Numerik
Komposisi Lemak Tubuh	Proporsi lemak yang tersimpan dalam berbagai bagian tubuh dibandingkan dengan komponen lainnya seperti tulang, air, dan otot (Munawaroh <i>et al.</i> , 2021)	Pengukuran dilakukan oleh fasilitator : Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K., FISCM.	Hasil pengukuran dengan alat <i>Body Composition Monitor</i> dengan metode <i>Bioelectric Impedance Analysis</i> (BIA)	- Persentase Lemak Tubuh : Sangat Tinggi = $\geq 25\%$ (Pria), $\geq 35\%$ (Wanita) Tinggi = $20\% - 25\%$ (Pria), $30\% - < 35\%$ (Wanita) Normal = $10\% - < 20\%$ (Pria), $20\% - < 30\%$ (Wanita) Rendah = $< 10\%$ (Pria), $< 20\%$ (Wanita)	- Numerik
Kapasitas Fisik	Kemampuan tubuh dalam melakukan aktivitas fisik dengan efisien dan efektif yang terdiri dari kekuatan, daya tahan,	Pengukuran dilakukan oleh fasilitator : Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes.,	Hasil pengukuran kekuatan otot bahu dengan metode <i>Push and Pull</i>	- Kekuatan Otot Bahu (kg) : ≥ 44 = Baik Sekali $35-43.9$ = Baik $25-34.9$ = Sedang $18-24.9$ = Kurang ≤ 17.9 = Kurang Sekali	- Numerik

(Susantini, 2021)

dan fleksibilitas (Susanti <i>et al.</i> , 2021)	AIFO-K., FISCM.	<i>Dynamometer</i>	(Bradley & Pierpoint, 2023)	
		- <i>Sit-Up Test</i> (repetisi) :		
	Hasil pengukuran daya tahan otot bahu dengan metode	Sangat Baik = ≥ 50 Baik = 40–49 Cukup = 30–39 Kurang = 20–29 Sangat Kurang = ≤ 20		- Numerik
	<i>Sit-Up Test</i>	(ACSM, 2021)		
		- <i>Sit and Reach Test</i> (cm) :		
		Sangat Baik = ≥ 29 (Pria), ≥ 30 (Wanita)		
	Hasil pengukuran n fleksibilitas dengan metode <i>Sit and Reach Test</i>	Baik = 23–28 (Pria), 26–29 (Wanita) Sedang = 19–22 (Pria), 22–25 (Wanita) Kurang = 14–18 (Pria), 17–21 (Wanita) Sangat Kurang = ≤ 13 (Pria), ≤ 16 (Wanita)		- Numerik
		(ACSM, 2018)		
Kapasitas Kardiorespirasi	Kemampuan sistem pernapasan dan kardiovaskular dalam menyuplai oksigen ke jaringan tubuh saat melakukan aktivitas fisik berkelanjutan (Muhamamsyah <i>et al.</i> , 2024)	Pengukuran dilakukan oleh fasilitator : Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K., FISCM.	Hasil pengukuran n VO ₂ max dengan metode <i>Beep Test</i> (<i>Multistage Fitness Test</i>)	- VO ₂ max (ml/kg/menit): Tinggi (<i>High Fit</i>) = >40 Sedang (<i>Moderate Fit</i>) = 30–40 Rendah (<i>Low Fit</i>) = <30 (AHA, 2016)

3.6 Prosedur Penelitian

3.6.1 Instrumen Penelitian

Berikut ini merupakan instrumen yang digunakan dalam proses penelitian beserta prosedur penggunaannya:

1. Formulir Isian Lengkap

Formulir isian lengkap berisi identitas responden berupa nama, usia, jenis kelamin, serta hasil pengukuran berat badan, tinggi badan, dan IMT. Identitas diisi langsung oleh peneliti berdasarkan hasil pengukuran dan data dasar responden. Formulir ini berfungsi sebagai catatan resmi data dasar responden dan hasil pemeriksaan antropometri (Masturoh *et al.*, 2018).

2. *Microtoise*

Microtoise digunakan untuk mengumpulkan data tinggi badan dari responden. Pengukuran dilakukan dengan cara responden berdiri tegak dengan tumit, bokong, bahu, dan kepala menempel pada dinding, pandangan lurus ke depan, lalu *microtoise* yang telah dipasang di dinding akan ditarik lurus hingga menyentuh kepala responden, lalu hasil dicatat dalam centimeter (Kemenkes RI, 2018).

3. *Body Composition Monitor*

Body Composition Monitor merupakan alat yang digunakan untuk mengumpulkan data berat badan dan komposisi lemak tubuh berupa persentase lemak tubuh dari responden. Alat ini menggunakan metode *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) (Holmes & Racette, 2021). Responden diminta tidak makan besar 2–4 jam sebelum pemeriksaan, tidak melakukan olahraga berat 24 jam sebelumnya, dan dalam kondisi hidrasi cukup. Responden berdiri di atas alat sesuai instruksi (tanpa alas kaki, pakaian ringan), data identitas (nama, usia, jenis kelamin, tinggi badan) dimasukkan ke perangkat. Kemudian, alat membaca impedansi listrik tubuh dan menghasilkan data yang tercatat secara otomatis yang diantaranya berupa berat badan dan persentase lemak tubuh. Hasil tersebut kemudian dicatat pada formulir penelitian (Giovanelli *et al.*, 2024).

4. *Push and Pull Dynamometer*

Push and Pull Dynamometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tes kekuatan otot melalui gerakan dorong dan

tarik, terutama pada otot bahu. Saat *push test*, responden diminta berdiri tegak dengan siku fleksi $\pm 90^\circ$, lalu mendorong *handle* sekuat mungkin selama 3–5 detik. Sedangkan saat *pull test*, responden diminta untuk berdiri tegak dengan siku fleksi $\pm 90^\circ$, lalu menarik *handle* sekuat mungkin selama 3–5 detik. Masing-masing tes dilakukan 3 kali dengan istirahat kurang lebih 1 menit, nilai tertinggi dicatat sebagai hasil (Bradley & Pierpoint, 2023).

5. *Sit-up Test*

Sit-up Test merupakan metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur daya tahan otot bahu. Responden berbaring terlentang, lutut ditekuk 90° , tangan di belakang kepala/dada. Kemudian, responden melakukan gerakan bangun-duduk hingga siku menyentuh lutut, lalu kembali ke posisi awal. Gerakan ini dilakukan selama 1 menit, kemudian jumlah repetisi yang berhasil dilakukan dicatat (ACSM, 2021).

6. *Sit and Reach Test*

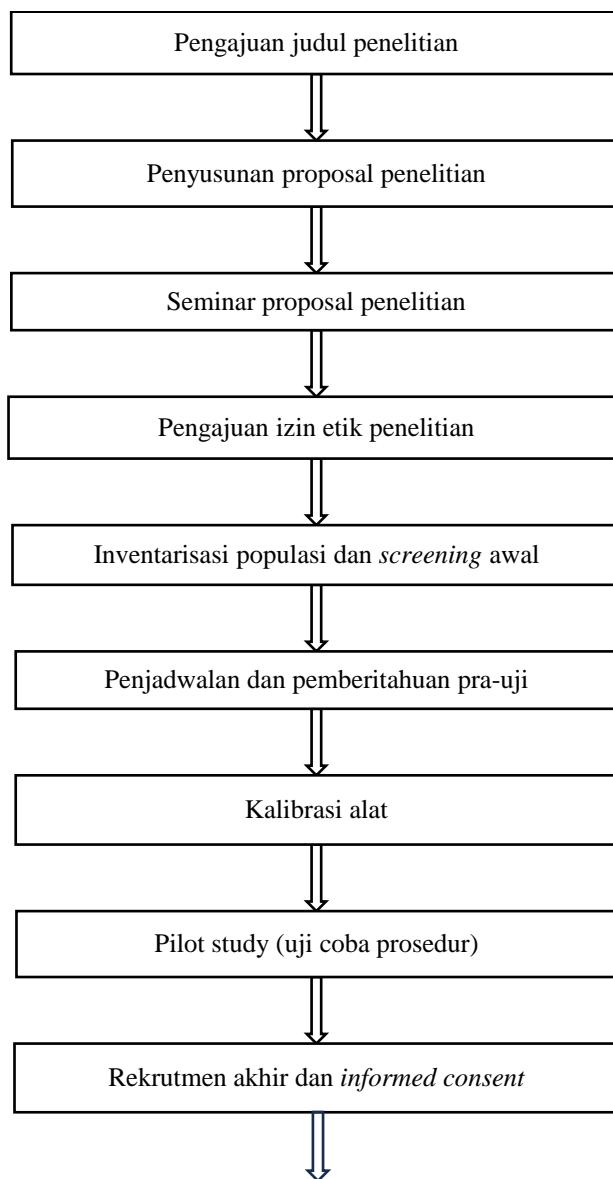
Sit and Reach Test merupakan metode pengukuran yang digunakan untuk mengukur fleksibilitas otot punggung bawah dan *hamstring*. Metode ini diawali responden duduk dengan kaki lurus menempel pada *box* pengukur. Kedua tangan lurus ke depan, lalu meraih sejauh mungkin ke arah skala pada *box*. Tes ini dilakukan 2 kali, nilai terbaik yang dicatat (ACSM, 2021).

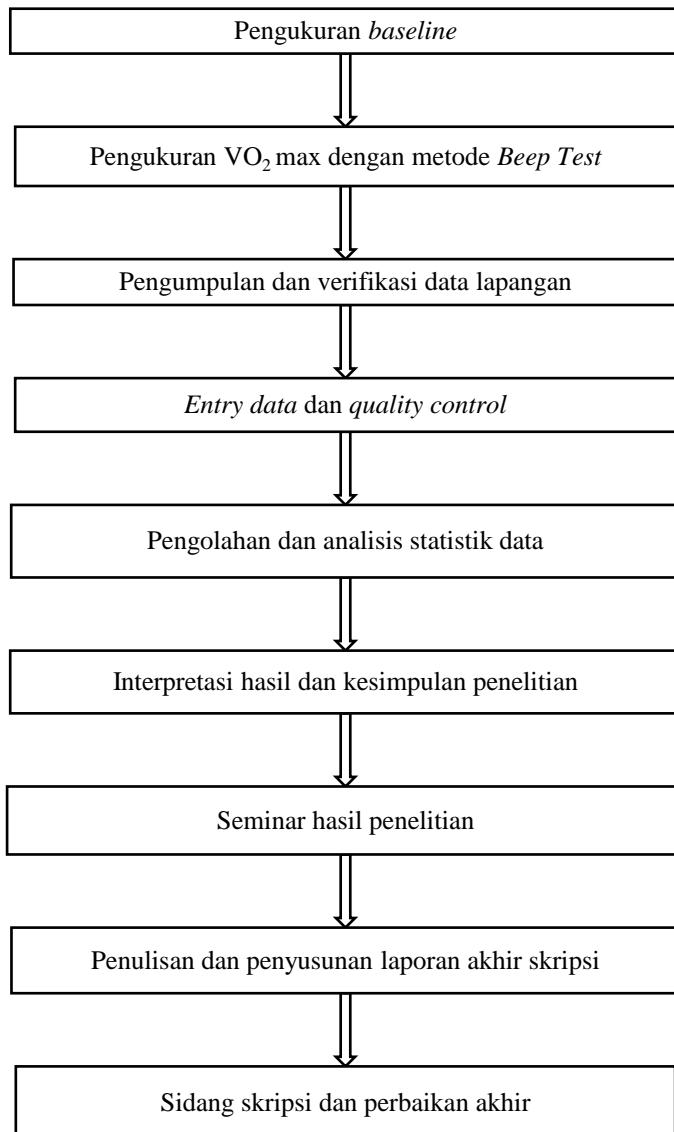
7. *Beep Test*

Beep Test digunakan untuk mengukur kapasitas kardiorespirasi melalui VO_2 max. Responden diminta berlari bolak-balik sejauh 20 meter mengikuti bunyi *beep*, kecepatan meningkat secara bertahap tiap level. Tes dihentikan bila responden tidak mampu mengikuti irama 2 kali berturut-turut. Level terakhir dicatat dan dikonversi menjadi VO_2 max (Bennett *et al.*, 2016).

3.6.2 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan serangkaian tahapan yang tersusun secara sistematis untuk menganalisis hubungan profil fisik atlet renang dengan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi. Adapun alur penelitian dari pelaksanaan penelitian ini disajikan sebagai berikut:





Gambar 3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan inventarisasi daftar atlet renang binaan KONI Provinsi Lampung dan verifikasi administrasi untuk menentukan populasi terjangkau. Selanjutnya dilakukan *screening* awal berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi untuk memperoleh sampel akhir yang memenuhi syarat. Setelah itu, peneliti menyusun jadwal pengukuran dan mengirimkan instruksi pra-ujji kepada calon responden (misal tidak melakukan latihan berat 24 jam sebelum pengukuran).

Persiapan lapangan yang meliputi kalibrasi semua instrumen (timbangan, *microtoise*, dan BIA) dilakukan sebelum pengumpulan data. Kemudian, dilaksanakan pula *pilot study* atau uji coba prosedur pada beberapa atlet untuk memastikan kelancaran SOP. Setelah persiapan lengkap dan persetujuan etik diperoleh, dilakukan rekrutmen akhir dan penandatanganan *informed consent* oleh setiap responden yang memenuhi syarat. Saat meminta responden untuk menandatangani *informed consent*, peneliti menjelaskan prosedur, risiko, dan manfaat pengukuran terlebih dahulu.

Pelaksanaan pengukuran mengikuti urutan terstandar demi mengurangi bias kelelahan dengan diawali antropometri (berat badan dan tinggi badan) dan penghitungan IMT. Kemudian, melakukan pengukuran komposisi tubuh dengan metode BIA untuk memperoleh persentase lemak tubuh. Setelah itu, uji kapasitas fisik fisik (*push & pull dynamometer* dengan 2 kali repitisi, *sit-up test* selama 1 menit, *sit and reach test* dengan 2 kali repitisi). Terakhir, melakukan pengukuran VO₂ max dengan metode *Beep Test*. Seluruh pengukuran klinis dan tes maksimal diawasi oleh Dr. dr. Khairun Nisa Berawi, M.Kes., AIFO-K., FISCM. dengan prosedur keselamatan standar dan protokol penghentian uji bila muncul tanda bahaya.

Setiap hasil diisi ke formulir observasi terstandar, kemudian dilakukan verifikasi lapangan untuk menemukan kesalahan prosedural dan bila diperlukan, pengukuran diulang pada subjek tersebut. Data yang tervalidasi diinput ke *software* statistik dengan prosedur *quality-control (double entry/backup)*, lalu dianalisis secara deskriptif dan analitik dengan uji yang sesuai untuk melihat hubungan antar-variabel. Hasil analisis disusun dalam bentuk tabel dan grafik, diinterpretasikan sesuai kerangka teori, lalu dirangkum menjadi *draft* laporan. Tahap akhir mencakup presentasi hasil pada seminar hasil

penelitian, kemudian penulisan dan penyusunan laporan akhir skripsi hingga dilakukan sidang dan perbaikan skripsi.

3.7 Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara melakukan pemeriksaan komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada atlet renang yang sudah memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Tahapan dari pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

1. Pengisian formulir *informed consent* oleh responden.
2. Penjelasan terkait penelitian yang dilakukan peneliti.
3. Pengisian lembar formulir untuk mengisi identitas lengkap responden.
4. Melakukan pengukuran komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi pada responden.

3.8 Pengolahan dan Analisis Data

3.8.1 Pengolahan Data

Setelah data terkumpul, data akan dianalisis menggunakan aplikasi statistik. Pengolahan data dengan perangkat komputer menurut Dahlan (2020), memiliki beberapa tahapan:

1. *Editing*

Pemeriksaan isi kuesioner untuk memastikan data yang dikumpulkan benar.

2. *Coding*

Data yang sudah didapat saat pengumpulan data diubah menjadi simbol-simbol angka untuk analisis.

3. *Data Entry*

Data yang sudah dikoding dimasukkan ke dalam komputer.

4. *Verifying*

Pemeriksaan kembali data yang sudah dimasukkan dengan data yang ada.

5. Pengolahan

Analisis statistik yang berbeda boleh dilakukan jika perlu.

6. Computer Output

Komputer mencetak hasil analisis.

3.8.2 Analisis Data

Pada penelitian ini, data hasil pengukuran profil fisik, komposisi lemak tubuh, kapasitas fisik, dan kapasitas kardiorespirasi atlet renang yang diperoleh akan dianalisis menggunakan *software* statistik SPSS. Data ini akan dilakukan uji analisis univariat terlebih dahulu untuk mengetahui sebaran data dan mendeskripsikan karakteristik dasar dari variabel bebas maupun terikat. Hasil analisis univariat dari data numerik akan disajikan dalam bentuk nilai rata-rata (*Mean*), median, simpang baku (*Standard Deviation*), minimum, dan maksimum. Sedangkan, hasil analisis univariat dari data kategorikal akan ditunjukkan dalam bentuk distribusi frekuensi dan persentase (Field, 2018).

Data pada penelitian ini akan diuji normalitas distribusinya menggunakan uji *Shapiro–Wilk* karena jumlah sampel penelitian ≤ 50 . Jika hasil uji menunjukkan $p > 0,05$, data dianggap terdistribusi normal (Dahlan, 2020).

Analisis bivariat dilakukan untuk menguji hipotesis antara variabel bebas dengan masing-masing variabel terikat pada penelitian ini yang akan dilakukan setelah uji normalitas. Uji yang akan dilakukan dalam analisis bivariat, yaitu uji hubungan atau korelasi (Pallant, 2020).

Untuk menguji hipotesis korelasi, karena kedua variabel berskala kontinu dan tidak memenuhi asumsi normalitas akan digunakan alternatif non-parametrik yaitu korelasi *Spearman* (Cahyono, 2017).

Interpretasi dari hasil uji statistik dijelaskan sebagai berikut:

- a. Jika $p < \alpha (0,05)$ maka hasil dianggap signifikan, menunjukkan terdapat adanya hubungan yang signifikan antara variabel bebas

terhadap variabel terikat sehingga hipotesis penelitian dapat diterima.

- b. Jika $p \geq \alpha (0,05)$ maka hasil tidak signifikan atau tidak terdapat hubungan antara variabel bebas tidak berpengaruh terhadap variabel terikat sehingga hipotesis penelitian dapat ditolak.

Data hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Semua hasil uji asumsi dan hasil uji statistik penting akan dilampirkan pada lampiran. Data yang bersifat deskriptif akan disajikan dalam tabel frekuensi dan dideskripsikan secara naratif sesuai kebutuhan (Dahlan, 2020).

3.9 Etika Penelitian

Penelitian ini telah lulus kaji dan mendapatkan persetujuan etik (*ethical clearance*) dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang terdapat dalam surat keputusan dengan nomor surat 4805/UN26.18/PP.05.02.00/2025

BAB V **SIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Profil fisik atlet renang yang dinilai melalui Indeks Massa Tubuh (IMT) berada pada variasi nilai yang berbeda antar atlet, sebagian besar atlet termasuk dalam kategori IMT normal, namun masih terdapat atlet yang berada di kategori *overweight* hingga obesitas. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa atlet yang belum memiliki profil fisik yang ideal dan dibutuhkan pengelolaan komposisi tubuh dengan program latihan yang lebih spesifik.
2. Komposisi lemak tubuh atlet renang berdasarkan presentase lemak tubuh menunjukkan hasil yang beragam, sebagian besar atlet berada dalam kategori persentase lemak tubuh yang normal hingga tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa atlet belum memiliki komposisi lemak tubuh yang optimal.
3. Kapasitas fisik atlet renang yang diukur dengan kekuatan otot bahu, daya tahan otot bahu, dan fleksibilitas secara umum telah berada dalam kategori yang baik, namun masih terdapat atlet renang yang berada di kategori sedang hingga kurang. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan kemampuan antar atlet karena perbedaan adaptasi fisik yang berbeda-beda setiap individu.
4. Kapasitas fisik kardiorespirasi atlet renang yang dinilai dengan VO_{max} , mayoritas atlet berada pada kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan aerobik atlet renang sudah cukup baik.
5. Terdapat hubungan yang signifikan ($p < 0,05$) antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan komposisi lemak tubuh (persentase lemak tubuh).

Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisis bivariat berupa $p < 0,001$ dan $r = 0,610$, yang berarti peningkatan IMT sejalan dengan peningkatan lemak tubuh. Hubungan kedua variabel ini searah positif dan berhubungan kuat. Hal ini menunjukkan bahwa kenaikan IMT pada atlet renang Lampung terutama dipengaruhi oleh peningkatan massa lemak, bukan massa otot.

6. Terdapat hubungan yang signifikan ($p < 0,05$) antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas fisik berupa kekuatan otot bahu dengan hasil analisis bivariat berupa $p = 0,007$ dan $r = -0,396$, yang menunjukkan bahwa hubungannya sedang dan negatif di mana semakin tinggi IMT atlet, semakin rendah kekuatan otot bahunya. Terdapat juga hubungan yang signifikan ($p < 0,05$) antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan fleksibilitas dengan hasil analisis bivariat berupa $p < 0,001$ dan $r = -0,530$, yang menunjukkan bahwa hubungannya sedang dan berlawanan arah berarti semakin tinggi IMT atlet, semakin rendah fleksibilitasnya. Sebaliknya, tidak terdapat hubungan yang signifikan ($p > 0,05$) antara antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas fisik berupa daya tahan otot bahu dilihat dari $p = 0,599$ dan $r = -0,081$. Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa IMT lebih berhubungan dengan komponen kapasitas fisik yang sangat dipengaruhi oleh proporsi massa lemak, seperti kekuatan dan fleksibilitas. Sementara itu, daya tahan otot bahu tidak berhubungan dengan IMT karena lebih ditentukan oleh adaptasi latihan jangka panjang, efisiensi teknik renang, dan kemampuan metabolisme aerobik otot, sehingga tidak sensitif terhadap variasi IMT.
7. Terdapat hubungan yang signifikan ($p < 0,05$) antara profil fisik (IMT) atlet renang dengan kapasitas kardiorespirasi ($VO_2 \text{ max}$). Hal ini ditunjukkan dengan hasil analisis bivariat berupa $p = 0,004$ dan $r = -0,422$, di mana hubungannya sedang dan berlawanan arah berarti semakin tinggi IMT maka akan semakin rendah kapasitas kardiorespirasi ($VO_2 \text{ max}$). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan

massa lemak dapat meningkatkan beban metabolism dan menurunkan efisiensi tubuh dalam memanfaatkan oksigen.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dari hasil penelitian ini, maka saran yang dapat diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain penelitian dengan jumlah sampel lebih besar serta melibatkan variabel antropometri lain seperti panjang lengan dan lingkar lengan karena kedua parameter ini dapat berkontribusi langsung terhadap kekuatan tarikan lengan dan efisiensi gerakan dalam renang, sehingga dapat memberikan pemahaman yang lebih dalam mengenai hubungan antara karakteristik antropometri dan kapasitas fisik atlet. Variabel seperti *Lean Body Mass* (LBM) juga dapat dilibatkan karena pengukuran LBM memungkinkan pemisahan yang lebih akurat antara massa otot dan massa lemak, sehingga hasil penelitian dapat mengidentifikasi apakah peningkatan berat badan atlet disebabkan oleh peningkatan massa otot atau jaringan lemak. Dengan demikian, penelitian lanjutan berpotensi menghasilkan model prediksi performa yang lebih valid untuk atlet renang, serta dapat digunakan sebagai dasar penyusunan program latihan berbasis komposisi tubuh dan karakteristik antropometri yang lebih komprehensif dan akurat.
2. Penggunaan alat ukur yang lebih canggih dengan metode *gold standard* seperti DEXA untuk komposisi lemak, *isokinetic dynamometer* untuk kekuatan otot bahu, maupun *metabolic gas analyzer* (CPET) untuk VO₂ max agar mendapatkan hasil pengukuran pada atlet yang lebih akurat.
3. Atlet renang Lampung disarankan untuk menjaga komposisi tubuh dengan menurunkan persentase lemak tubuh hingga mencapai kisaran ideal (6–13% untuk atlet laki-laki dan 14–20% untuk atlet perempuan) agar tidak memengaruhi kekuatan otot bahu, fleksibilitas, dan VO₂ max secara negatif. Program latihan sebaiknya difokuskan pada peningkatan massa otot aktif melalui latihan *resistance training*, latihan mobilitas

untuk meningkatkan fleksibilitas bahu dan ekstremitas bawah, serta latihan aerobik terstruktur guna meningkatkan kapasitas kardiorespirasi. KONI Lampung juga disarankan untuk menyusun program pemantauan fisik rutin setiap satu hingga tiga bulan menggunakan parameter komposisi lemak tubuh dan kapasitas fisik utama, serta menyediakan pelatihan tambahan berbasis analisis hasil penelitian ini supaya pembinaan atlet lebih terarah dan sesuai kebutuhan fisiologis atlet Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditia, L., Badruzaman, Paramitha, S.T., Jajat. 2018. Perbandingan hasil tes VO₂ max atlet renang menggunakan *williams swimming beep test* dan *bleep test*. *Jurnal Terapan Ilmu Keolahragaan*, 3(1): 53–56.
- Akuatik Indonesia Provinsi Lampung. 2024. Laporan kontingen renang Lampung pada Pekan Olahraga Nasional XXI. Bandar Lampung: Akuatik Indonesia Provinsi Lampung.
- Alvero-Cruz, J.R., Carnero, E.A., Giráldez García, M.A., Alacid, F., Rosemann, T., Nikolaidis, P.T., *et al.* 2019. *Cooper test provides better half-marathon performance prediction in recreational runners than laboratory tests*. *Frontiers in Physiology*, 10(1): 1349.
- Alves, M., Carvalho, D. D., Fernandes, R. J., & Vilas-Boas, J. P. 2022. *How anthropometrics of young and adolescent swimmers influence stroking parameters and performance: A systematic review*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5): 1-14.
- American College of Sports Medicine. 2021. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 11th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- American College of Sports Medicine. 2018. *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription*. 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer.
- Arslan, E., Aras, D. 2016. *Comparison of body composition, heart rate variability, aerobic and anaerobic performance between competitive cyclists and triathletes*. *Journal of Human Sport and Exercise*, 11(1): 35–47.
- ASEAN School Games. 2024. *13th ASEAN School Games Swimming Competition results report*. Vietnam: Phil Swimming.
- Azzahra, A., Puspitarani, A., Pahlawi, R. 2022. Pengaruh *diaphragmatic breathing* dan *endurance exercise* terhadap peningkatan kapasitas kardiorespirasi pada pasien *hospital-acquired pneumonia*. *Jurnal Fisioterapi Terapan Indonesia*, 1(2): 64–72.
- Bennett, H., Parfitt, G., Davison, K., Eston, R. 2016. *Validity of submaximal step tests to estimate maximal oxygen uptake in healthy adults*. *Sports Medicine*, 46(5): 737–750.
- Berawi, K.N., & Nugraha, A.R. 2017. Pengaruh *high intensity interval training (HIIT)* terhadap kebugaran kardiorespirasi. *Medical Journal of University Lampung*, 6(1): 1-5.

- Bijlsma, A., van Beijsterveldt, I. A. L. P., Vermeulen, M. J., Beunders, V. A. A., Dorrepaal, D. J., Boeters, S. C. M., et al. 2023. *Challenges in body composition assessment using air-displacement plethysmography by BOD POD in pediatric and young adult patients*. *Clinical nutrition*, 42(9): 1588–1594.
- Bradley, H., Pierpoint, L. 2023. *Normative values of isometric shoulder strength among healthy adults*. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 18(4): 977–988.
- Brian, Febrianti, M., Dolly. 2023. Analisis tingkat kemampuan VO₂ max atlet renang Bhayangkara Swimming Klub Kota Bengkulu. *Educative Sportive-EduSport*, 4(2): 131–135.
- Cahyono, T. 2017. Statistik Uji Korelasi. Purwokerto: Yasamas.
- Cicone, Z. S., Nickerson, B. S., Esco, M. R. 2021. *Prediction of underwater residual lung volume in healthy men and women*. *Clinical physiology and functional imaging*, 41(5): 434–442.
- Dahlan, S.M. 2020. Statistik untuk kedokteran dan kesehatan. Jakarta: Salemba Medika
- Damayanti, C., Adriani, M. 2021. *Correlation between percentage of body fat with speed and cardiorespiratory endurance among futsal athletes in Surabaya*. *National Nutrition Journal*, 16(1): 53–61.
- Degens, H., Stasiulis, A., Skurvydas, A., Statkeviciene, B., Venckunas, T. 2019. *Physiological comparison between non-athletes, endurance, power and team athletes*. *European journal of applied physiology*, 119(6): 1377–1386.
- Dugas, M.O., Deschenes, P.P., Simard, L., Chevrette, T., Blackburn., P, Lavalliere, M. 2023. *Comparison of VO₂ max estimationes for maximal and Submaximal exercise Test in Apparently Healthy Adults*, 1–13.
- Espada, M. C., Ferreira, C. C., Gamonales, J. M., Hernández-Beltrán, V., Massini, D. A., Macedo, A. G., et al. 2023. *Body composition relationship to performance, cardiorespiratory profile, and tether force in youth trained swimmers*. *Life*, 13(9): 1806.
- Farrell, C., Turgeon, D.R. 2023. *Normal versus chronic adaptations to aerobic exercise*. Treasure Island: StatPearls Publishing.
- Fasitasari, M., Suparmi, S., Latifah, F. 2024. Pengukuran antropometri dan komposisi tubuh pada masyarakat di Perumahan Sembungharjo Permai Semarang. *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(4): 1775–1786.
- Fatikhawati, A., Prahasanti, K., Efendi, C. 2021. Perbandingan pengaruh latihan fisik interval tinggi dengan kontinu terhadap heart rate istirahat, VO₂ max dan heart rate

recovery pada atlet renang pria POR Suryanaga Surabaya. JOSSAE : *Journal of Sport Science and Education*, 6(1): 35–45.

Fiana, D. N., Putri, M. S., Berawi, K., Wintoko, R., & Rahmayani, F. (2023). Hubungan Massa Otot dengan Vo₂ max pada Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Lampung dengan Metode Balke Test. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 7(2), 125-127.

Field, A. 2018. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics. 5th Ed.* Los Angeles: SAGE Edge.

Fitrianto, E. J. 2016. Profil hasil tes pengukuran VO₂ max metode laboratorium dan metode *multi stage fitness test/bleep test*. *Prosiding Seminar FIK UNJ*, 1(1): 178–183.

Fone, L., van den Tillaar, R. 2022. *Effect of different types of strength training on swimming performance in competitive swimmers: A systematic review*. *Sports Med*, 8(1): 1–26.

Gaspar, R. C., Pauli, J. R., Shulman, G. I., Muñoz, V. R. 2021. *An update on brown adipose tissue biology: A discussion of recent findings*. *American journal of physiology. Endocrinology and metabolism*, 320 (3): 488–495.

Ghifari, G.A.A., Berawi, K.N., Graharti, R., & Kurniati, I. 2024. Tekanan Darah Pada Atlet: *Literature Review*. Medula, 14(10); 1963-1968.

Giovanelli, L., Biganzoli, G., Spataro, A., Malacarne, M., Bernardelli, G., Spada, R., et al. 2024. *Body composition assessment in a large cohort of Olympic athletes with different training loads: Possible reference values for fat mass and fat-free mass domains*. *Acta Diabetologica*, 61(3): 361–372.

Hall, J. E., Guyton, A. C. 2020. *Guyton and Hall: Textbook of Medical Physiology*. 14th Ed. Philadelphia: Elsevier Inc.

Heydari, P., Varmazyar, S., Nikpey, A., Variani, A. S., Jafarvand, M. 2017. *Step Test: A method for evaluating maximum oxygen consumption to determine the ability kind of work among student of medical emergencies*. *Electronic physician*, 9(3): 4020–4026.

Holmes, C. J., Racette, S. B. 2021. *The utility of body composition assessment in nutrition and clinical practice: an overview of current methodology*. *Nutrients*, 13(8): 2493.

Hwalla, N., Jaafar, Z. 2020. *Dietary management of obesity: A review of the evidence*. *Diagnostics*, 11(24): 1–21.

- Islami, S., Haq, R. A., Arianto, N. N., & Sabina, D. L. 2024. *CRISPR-Cas9 gene editing technology: Mechanism and therapeutic potential for genetic diseases*. Journal of Medula, 14(1): 45–52.
- Hatimi, F. I., Mutiara, H., & Islami, S. (2025). *Non-pharmacological therapies for insomnia: A comprehensive review*. Journal of Medula, 15(1): 33–41.
- Islami, S. 2023. *Fear of failure and academic stress among medical students: A cross-sectional analysis*. Jurnal Kesehatan Indonesia, 11(2): 101–108.
- Islami, S., & Putra, R. H. 2022. *Relationship between nutritional status and hemoglobin levels among young adults*. Jurnal Gizi dan Kesehatan, 9(3): 212–219.
- Islami, S., & Mahendra, Y. 2024. *CRISPR-Cas9 as a therapeutic approach for inherited genetic disorders: A literature review*. Medical Biotechnology Review, 7(1): 55–62.
- Islami, S., & Lestari, D. 2023. *Molecular basis of gene regulation and its implication in human diseases: A review*. Biomedical Science Journal, 12(4): 278–286.
- Ito, S. 2019. *High-intensity interval training for health benefits and care of cardiac diseases: The key to an efficient exercise protocol*. World journal of cardiology, 11(7): 171–188.
- Jee, Y.S. 2020. *Influences of acute and/or chronic exercise on human immunity: Third series of scientific evidence*. Journal of Exercise Rehabilitation, 16(3): 205–206.
- Julianti, N., Nisa, K. (2013). Perbandingan kapasitas vital paru pada atlet pria cabang olahraga renang dan lari cepat persiapan Pekan Olahraga Provinsi 2013 di Bandar Lampung. *Medical Journal of Lampung University*, 113–118.
- Karundeng, R., Wangko, S., Kalangi, S. J. R. 2014. Jaringan lemak putih dan jaringan lemak coklat: Aspek histofisiologi. Jurnal Biomedik, 6(3): 147–155.
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H. and 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.
- Kemenkes RI. 2025. Pedoman nasional pelayanan klinis tata laksana obesitas dewasa. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.
- Kemenkes RI. 2018. Laporan Nasional RISKESDAS 2018. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Penelitian Dan Pengembangan Kesehatan.
- Khairunnisa, S., Fiana, D.N., Ismunandar, H., & Berawi, K.N. 2023. Hubungan indeks massa tubuh terhadap volume oksigen maksimal (VO_2 max) mahasiswa tingkat pertama fakultas kedokteran universitas lampung. Medula, 13(1): 28-35.

- Kuhn, J., Legerlotz, K. 2022. *Ankle joint flexibility affects undulatory underwater swimming speed*. *Frontiers in Sports and Active Living*, 1–9.
- Listiandi, A.D., Budi, D.R., Hidayat, R., Febriani, A.R., Purnamasari, A.D., Heza, F.N., et al. 2022. Identifikasi *body composition* (*healthy fitness zone*) dan resiko cedera pada pemain bola basket SMA. *Physical Activity Journal*, 3(2): 203–218.
- Macmahon, C., Hawkins, Z., Schücker, L. 2019. *Beep test performance is influenced by 30 minutes of cognitive work*. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 51(9): 1928–1934.
- Maharjito, A.B., Handayani, I. 2019. *Athlete's heart* (Jantung atlet). Cermin Dunia Kedokteran, RS Olahraga Nasional Kementerian Pemuda dan Olahraga, Jakarta. 46(12): 732–737
- Masturoh, I., Anggita, T., Nauri. 2018. Metodologi penelitian kesehatan. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- McKenzie, A., Larequi, S.A., Hams, A., Headrick, J., Whiteley, R., Duhig, S. 2023. *Shoulder pain and injury risk factors in competitive swimmers: A systematic review*. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(12): 2396–2412.
- Messaggi-Sartor, M., Marco, E., Martínez-Téllez, E., Rodriguez-Fuster, A., Palomares, C., Chiarella, S., et al. 2019. *Combined aerobic exercise and high-intensity respiratory muscle training in patients surgically treated for non-small cell lung cancer: A pilot randomized clinical trial*. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 55(1): 113–122.
- Messina, C., Albano, D., Gitto, S., Tofanelli, L., Bazzocchi, A., Ulivieri, F.M., et al. 2020. *Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: From basics to new tools*. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, 10(8): 1687–1698.
- Mighra, B. A., Djaali, W. 2021. Hubungan antara persentase lemak tubuh, lingkar perut, lingkar pinggang dan kekuatan otot punggung. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Mahasiswa Olahraga*, 13(2): 224–228.
- Muharamsyah, A., Haqiyah, A., Lasma, Y. 2024. Profil komposisi tubuh dan daya tahan kardiorespirasi atlet pencak silat Jawa Barat. *Motion: Jurnal Riset Physical Education*, 14: 65–80.
- Munawaroh, Wijayanti, W., Fatimah, O.Z.S. 2021. Komposisi lemak viseral, *basal metabolic rate* (BMR), dan usia sel terhadap indeks massa tubuh (IMT) pada remaja. *Jurnal Untuk Masyarakat Sehat*, 5(1): 110–119.
- Muranaka, M., Suzuki, Y., Ando, R., Sengoku, Y. 2021. *Change in short distance swimming performance following inspiratory muscle fatigue*. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 61(11): 1433–1440.

- Mustofa, S., & Khoiri, R. K. S. 2025. Terapi oksigen hiperbarik: Indikasinya, efek fisiologis, biokimia dan farmakologisnya. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 9(1): 102–11.
- Mustofa, S. 2025. *Silicosis: A work-related disease in construction workers and miners exposed to silica dust*. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 9(1): 74–80.
- Mustofa, S., Khairani, E. P., & Soleha, T. U. (2024). *Mechanism of action & clinical use of N-Acetylcysteine (NAC) in lung & airway diseases*. *Medical Profession Journal of Lampung*, 14(5): 912–918.
- Mustofa, S., & Baladika, D. trend P. 2023. *Occupational asthma*. *Jurnal Kedokteran Universitas Lampung*, 7(2): 84–88.
- Mustofa, S., Z. Y. Fahmi, et al. 2024. Efek protektif kardiovaskular ekstrak Rhizophora apiculata berbagai pelarut pada tikus yang terpapar asap rokok. *Repository UNILA*.
- Olstad, B.H., Zinner, C. 2020. *Validation of the polar OH1 and M600 optical heart rate sensors during front crawl swim training*. *PLoS ONE*, 15(4): 1–9.
- Pallant, J. 2020. *SPSS survival manual: A step by step guide to data analysis using IBM SPSS*. London: McGraw-Hill, Open University Press.
- Patel, H., Alkhawam, H., Madanieh, R., Shah, N., Kosmas, C.E., Vittorio, T.J. 2017. *Aerobic vs anaerobic exercise training effects on the cardiovascular system*. *World Journal of Cardiology*, 9(2): 134–138.
- Patel, P.N., Zwibel, H. 2022. *Physiology, exercise*. Treasure Island: StatPearls Publishing.
- Pekan Olahraga Nasional XXI. 2024. Statistik perolehan medali cabang olahraga renang. Medan: Sekretariat PON Aceh–Sumut.
- Perdana, J.A., Ulfa, D.Z., Nugroho, R.A. 2023. Analisis *body composition* remaja di daerah aliran sungai (DAS) di Sabangau. *Sport and Education Journal*, 4(2): 30–41.
- Persatuan Renang Seluruh Indonesia. 2022. Peraturan Organisasi PRSI tentang Penyelenggaraan Kejuaraan Cabor Akuatik. Jakarta: PRSI.
- Price, T., Cimadoro, G., Legg, H.S. 2024. *Physical performance determinants in competitive youth swimmers: A systematic review*. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1): 1–19.
- Putri, G.C.D., & Berawi, K.N. 2013. Perbandingan antara VO₂ maks atlet pria cabang olahraga renang dan lari sprint pada persiapan pekan olahraga provinsi di bandar lampung. *Journal Majority*, 2(5): 1-7.

- Rangaraj, K., Sakthivel, S. 2025. *Faster and stronger: the role of anaerobic exercises in swimming performances*. *Journal of Neonatal Surgery*, 14(3): 1–9.
- Ross, R., Blair, S.N., Arena, R., Church, T.S., Després, J.P., Franklin, B.A., et al. 2016. *Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: a case for fitness as a clinical vital sign: a scientific statement from the American Heart Association*. *Circulation*, 134(24): 653–699.
- Ruiz, J. J., Santos, C.C., Born, D. P., Belmonte, O. L., Fernandez, F.C., Sanders, R.H., et al. 2025. *Factors relating to sprint swimming performance: A systematic review*. *Sports Medicine*, 55(4): 899–922.
- Ruslim, D., Destra, E., Gunaidi, F. C., Fadhila, A. I. 2024. Deteksi dini obesitas melalui pemeriksaan komposisi tubuh pada populasi usia produktif di SMAN 75 Jakarta Utara. *SAFARI: Jurnal Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 4(3): 263–268.
- Samanipour, M.H., Mohammadian, S., Del Coso, J., Salehian, O., Jeddi, F.K., Khosravi, M., et al. 2024. *Body composition and dietary intake profiles of elite Iranian swimmers and water polo athletes*. *Nutrients*, 1–13.
- Seifert, L., Carmignani, R. 2023. *Coordination and stroking parameters in the four swimming techniques: a narrative review*. *Sports Biomechanics*, 22(12): 1617–1633.
- Setiowati, A. 2014. Hubungan indeks massa tubuh, persen lemak tubuh, asupan zat gizi dengan kekuatan otot. *Jurnal Media Ilmu Keolahragaan Indonesia*, 4(1): 32–38.
- Setyawan, F., Syaukani, A.A., Nurhidayat, N., Alexander, B. 2024. Pengaruh kecepatan, kekuatan, kelincahan, dan kelentukan terhadap performa renang gaya bebas 50 meter. *Indonesian Journal of Sport Science and Technology (IJST)*, 3(1): 225–232.
- Sherwood, L. 2018. *Human physiology from cells to systems*. Singapore: Cengage Learning.
- Silveira, E.A., Castro, M.C.R., Rezende, A.T.O., Rodrigues, A.P., Delpino, F.M., Oliveira, E.S., et al. 2024. *Body composition assessment in individuals with class II/III obesity: a narrative review*. *BMC Nutrition*, 10(1), 1–11.
- Sinclair, L., Roscoe, C.M.P. 2023. *The impact of swimming on fundamental movement skill development in children (3–11 years): A systematic literature review*. *Children*, 10(8): 1–20.
- Sitoayu, L., Rumana, N.A., Sudiarti, T., Achmad, E.K. 2020. Hubungan antara IMT/U, skinfold thickness, lingkar pinggang dan persen lemak tubuh pada remaja laki-laki. Ghidza: *Jurnal Gizi dan Kesehatan*, 4(1): 42–50.

- Stojanović, O., Miguel-Aliaga, I., Trajkovski, M. 2022. *Intestinal plasticity and metabolism as regulators of organismal energy homeostasis*. *Nature Metabolism*, 4(11): 1444–1458.
- Suchomel, T.J., Nimphius, S., Stone, M.H. 2016. *The importance of muscular strength in athletic performance*. *Sports Medicine*, 46(10): 1419–1449.
- Sugiarto, Hananto, A.B. 2021. Kontribusi karakteristik antropometri terhadap kemampuan fisik dan kinerja renang gaya bebas. *Prosiding Seminar Nasional Olahraga*, 4(1): 23–31.
- Sulistyo, E., Ramadhan, I.P., Putri, A., Hermawan, A. 2023. Rancangan bangun alat ukur lemak tubuh menggunakan metode *bioelectrical impedance analysis*. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 1(2): 267–277.
- Susanti, R., Sidik, D.Z., Hendrayana, Y., Wibowo, R. 2021. Latihan pliometrik dalam meningkatkan komponen fisik: *A systematic review*. *JOSSAE : Journal of Sport Science and Education*, 6(2): 156–171.
- Susantini, P. 2021. Hubungan indeks massa tubuh (IMT) dengan persentase lemak tubuh, dan lemak visceral di kota semarang. *Jurnal Gizi*, 10(1): 51.
- Syahputra, A.F., Irfan, M., Fatmawati, V. 2024. Faktor-faktor yang mempengaruhi VO₂ max pada remaja renang. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat*, LPPM Universitas ‘Aisyiyah Yogyakarta, 2(1): 382–388.
- Szczepan, S., Michalik, K., Borkowski, J., Zatoń, K. 2020. *Effects of swimming with added respiratory dead space on cardiorespiratory fitness and lipid metabolism*. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(1): 95–101.
- Thailand Aquatics Association. 2024. *46th Southeast Asian Age Group Championships 2024 Official Results*. Thailand: Assumption University Suvarnabhumi Campus.
- Weir, C.B. & Jan, A. 2023. *BMI classification percentile and cut off points*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing.
- Weston, K.S., Wisløff, U. & Coombes, J.S. 2014. *High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis*. *British Journal of Sports Medicine*, 48(16): 1227–1234.
- White, E., Bergen, S., Berggren, A., Brinkman, L., Carman, B., Crouse, L., et al. 2024. *A more comfortable method for hydrostatic weighing: Head above water at total lung capacity*. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 9(1): 1–13.
- Woolf, E.K., Cabre, H.E., Niclou, A.N., Seroussi, R.E. Reitman, M.L. 2024. *Body weight regulation*. Endotext. South Dartmouth (MA): MDText.com, Inc.