

**PENGARUH *JOGGING* TERHADAP PERUBAHAN VO_2MAX DAN SPO_2
PADA REMAJA DI DATARAN TINGGI DAN DATARAN RENDAH**



**AURALIA RAHMAYANTI
R021211007**



**PROGRAM STUDI S1 FISIOTERAPI
FAKULTAS KEPERAWATAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2026

**PENGARUH *JOGGING* TERHADAP PERUBAHAN VO_2MAX DAN SPO_2
PADA REMAJA DI DATARAN TINGGI DAN DATARAN RENDAH**

**AURALIA RAHMAYANTI
R021211007**



**PROGRAM STUDI S1 FISIOTERAPI
FAKULTAS KEPERAWATAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026**

**PENGARUH *JOGGING* TERHADAP PERUBAHAN VO_2MAX DAN SPO_2
PADA REMAJA DI DATARAN TINGGI DAN DATARAN RENDAH**

**AURALIA RAHMAYANTI
R021211007**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program Studi S1 Fisioterapi

pada

**PROGRAM STUDI S1 FISIOTERAPI
FAKULTAS KEPERAWATAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2026**

SKRIPSI

PENGARUH JOGGING TERHADAP PERUBAHAN $VO_2\text{MAX}$ DAN SPO_2 PADA REMAJA DI DATARAN TINGGI DAN DATARAN RENDAH

AURALIA RAHMAYANTI

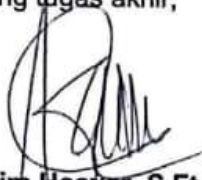
R021211007

Skripsi

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana pada 9 Januari 2026 dan
dinyatakan telah memenuhi syarat
pada

Program Studi S1 Fisioterapi
Fakultas Keperawatan
Universitas Hasanuddin
Makassar

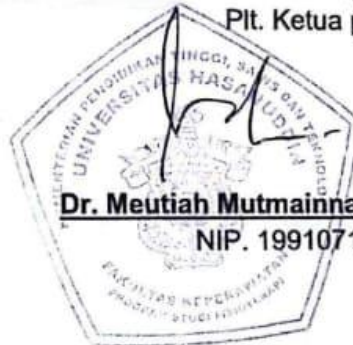
Mengesahkan:
Pembimbing tugas akhir,



Dr. Andi Rizky Arbain Hasyar, S.Ft., Physio

NIP. 19920504 202412 4 001

Mengetahui:
Plt. Ketua program studi



Dr. Meutiah Mutmainnah A., S.Ft., Physio, M.Kes

NIP. 19910710 202204 4 001

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Pengaruh *Jogging* Terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 Pada Remaja di Dataran Tinggi dan Dataran Rendah" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing (Dr. Andi Rizky Arbaim Hasyar, S.Ft., Physio). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 9 Januari 2026



Auralia Rahmayanti

R021211007

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh *Jogging* Terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 Pada Remaja di Dataran Tinggi dan Dataran Rendah”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi S1 Fisioterapi, Fakultas Keperawatan, Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, yang telah memberikan kekuatan dan kelancaran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Mama dan papa, atas doa, kasih sayang, dan dukungan yang senantiasa mengiringi setiap langkah.
3. Prof. Elly Lilianty Sjattar, S.Kp., M.Kes selaku Dekan Fakultas Keperawatan Universitas Hasanuddin dan Andi Besse Ahsaniyah, S.Ft., Physio, M.Kes selaku Ketua Program Studi Fisioterapi Fakultas Keperawatan Universitas Hasanuddin.
4. Dr. Andi Rizky Arbaim Hasyar, S.Ft., Physio selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, arahan, dan motivasi yang sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini.
5. Pihak SMPN 12 Makassar dan SMPN 2 Tombolopao yang telah memberi izin, dukungan, serta kerja sama yang sangat baik selama proses pelaksanaan penelitian.
6. Nisrina Athira yang telah berbaik hati meminjamkan laptop demi tersusunnya skripsi ini serta Nur Apika Sahira yang tidak berhenti untuk mendukung dalam penyusunan skripsi ini.
7. Lilis Herawati dan Andi Zahrah Dian Fakhirah yang telah membantu dalam proses penelitian.
8. Keluarga besar KSR PMI UNHAS khususnya DIKSAR XXVIII dan Fisioterapi 2021 yang telah menemani dalam susah maupun senang.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu, khususnya dalam bidang fisioterapi.

Makassar, 9 Januari 2026

Auralia Rahmayanti

ABSTRAK

AURALIA RAHMAYANTI. **Pengaruh Jogging Terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 Pada Remaja di Dataran Tinggi dan Dataran Rendah** (dibimbing oleh Dr. Andi Rizky Arbaim Hasyar, S.Ft., Physio).

Latar belakang. Sulawesi Selatan memiliki dataran tinggi dan dataran rendah dengan perbedaan tekanan oksigen dan kondisi lingkungan yang dapat memengaruhi adaptasi fisiologis, terutama $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 . Pada remaja, sistem kardiorespirasi masih berkembang sehingga respons terhadap latihan aerobik seperti *jogging* dapat berbeda. Kajian mengenai respons $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 terhadap *jogging* pada remaja di kedua kondisi geografis masih terbatas, terutama di Indonesia. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh *jogging* terhadap $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 remaja serta membandingkan respons antara dataran tinggi dan rendah. **Metode.** Penelitian ini menggunakan *pretest–posttest control group design* dengan 31 remaja dataran rendah dan 30 remaja dataran tinggi. $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 diukur sebelum dan sesudah *jogging* 3 kali selama satu minggu, dengan durasi 45 menit, intensitas sedang, dan jarak tempuh $\pm 4,5$ km. $VO_2\text{max}$ menggunakan *multistage fitness test*, sedangkan SpO_2 menggunakan *pulse oximeter*. **Hasil.** *Jogging* secara signifikan meningkatkan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada remaja di dataran rendah ($VO_2\text{max}$ $p < 0,001$; SpO_2 $p = 0,019$) maupun dataran tinggi ($VO_2\text{max}$ $p < 0,001$; SpO_2 $p = 0,001$). Namun, tidak terdapat perubahan signifikan antara kelompok dataran rendah dan tinggi ($VO_2\text{max}$ $p = 0,981$; SpO_2 $p = 0,126$). **Kesimpulan.** *Jogging* meningkatkan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 secara signifikan pada remaja, baik di dataran rendah maupun tinggi, tanpa perbedaan bermakna antar kelompok.

Kata kunci: *Jogging*; $VO_2\text{max}$; SpO_2 ; Remaja; Dataran Tinggi; Dataran Rendah

ABSTRACT

AURALIA RAHMAYANTI. **The Effect of Jogging on Changes in $VO_2\text{max}$ and SpO_2 in Adolescents at Highland and Lowland Areas** (Supervised by Dr. Andi Rizky Arbaim Hasyar, S.Ft., Physio).

Background. South Sulawesi has highland and lowland areas with differences in oxygen pressure and environmental conditions that can affect physiological adaptation, particularly $VO_2\text{max}$ and SpO_2 . In adolescents, the cardiorespiratory system is still developing, so responses to aerobic exercise such as jogging may vary. Studies on $VO_2\text{max}$ and SpO_2 responses to jogging in adolescents across these geographical conditions remain limited, especially in Indonesia. **Aim.** This study aimed to analyze the effect of jogging on $VO_2\text{max}$ and SpO_2 in adolescents and to compare the responses between highland and lowland groups. **Methods.** A pretest–posttest control group design was used with 31 adolescents from lowland areas and 30 from highland areas. $VO_2\text{max}$ and SpO_2 were measured before and after jogging three times in one week, each session lasting 45 minutes, at moderate intensity, covering approximately 4.5 km. $VO_2\text{max}$ was measured using the multistage fitness test, while SpO_2 was measured using a pulse oximeter. **Results.** Jogging significantly increased $VO_2\text{max}$ and SpO_2 in adolescents at both low altitude ($VO_2\text{max}$ $p < 0.001$; SpO_2 $p = 0.019$) and high altitude ($VO_2\text{max}$ $p < 0.001$; SpO_2 $p = 0.001$). However, there were no significant differences in changes between the low- and high-altitude groups ($VO_2\text{max}$ $p = 0.981$; SpO_2 $p = 0.126$). **Conclusion.** Programmed jogging significantly increases $VO_2\text{max}$ and SpO_2 in adolescents, regardless of living in highland or lowland areas, without significant differences between groups.

Keywords: Jogging; $VO_2\text{max}$; SpO_2 ; Adolescents; Highland; Lowland

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Bagi Pendidikan	4
1.4.2 Bagi Fisioterapi.....	4
1.4.3 Bagi Pihak Instansi.....	4
1.4.4 Bagi Peneliti	4
1.5 Teori.....	5
1.6 Kerangka Teori	40
1.7 Kerangka Konsep	41
1.8 Hipotesis Penelitian	41
1.8.1 Hipotesis Nol (H_0)	41
1.8.2 Hipotesis Alternatif (H_a).....	41
BAB II METODE PENELITIAN.....	42
2.1 Rancangan Penelitian.....	42

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian	42
2.3 Populasi dan Sampel	42
2.3.1 Populasi	42
2.3.2 Sampel	42
2.4 Alur Penelitian.....	43
2.5 Variabel Penelitian	43
2.5.1 Identifikasi Variabel	43
2.5.2 Definisi Operasional	43
2.6 Prosedur Penelitian.....	45
2.6.1 Alat dan Bahan.....	45
2.6.2 Prosedur Pelaksanaan	45
2.7 Pengelolaan dan Analisis Data	46
2.8 Masalah Etika	47
2.8.1 Lembar Persetujuan (<i>Informed Consent</i>)	47
2.8.2 Tanpa Nama (<i>Anonymity</i>).....	47
2.8.3 Kerahasiaan (<i>Confidentiality</i>)	47
2.8.4 Izin Etik (<i>Ethical Clearence</i>)	47
BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
3.1 Hasil.....	Error! Bookmark not defined.
3.1.1 Karakteristik Responden	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 Pengaruh <i>Jogging</i> terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 ...	Error! Bookmark not defined.
3.1.3 Pengaruh <i>Jogging</i> terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 ...	Error! Bookmark not defined.
3.1.4 Perbandingan Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 Antara Kelompok Dataran Tinggi dan Dataran Rendah	Error! Bookmark not defined.
3.1.5 Kelompok dengan Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 yang Lebih Baik.....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
3.2.1 Karakteristik Responden	Error! Bookmark not defined.
3.2.2 Pengaruh <i>Jogging</i> terhadap Perubahan $VO_2\text{max}$ pada Remaja	Error! Bookmark not defined.
3.2.3 Pengaruh <i>Jogging</i> terhadap Perubahan SpO_2 pada Remaja ..	Error! Bookmark not defined.

not defined.

3.2.4 Perbandingan Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 Antara Dataran Rendah dan Dataran Tinggi..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2.5 Kelompok dengan Perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 yang Lebih Baik..... **Error! Bookmark not defined.**

3.2.6 Keterbatasan Penelitian **Error! Bookmark not defined.**

BAB IV KESIMPULAN **Error! Bookmark not defined.**

4.1 Kesimpulan **Error! Bookmark not defined.**

4.2 Saran **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA..... **Error! Bookmark not defined.**

LAMPIRAN **Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

Nomor urut	Halaman
Tabel 1. Systematic Review.....	8
Tabel 2. Definisi Operasional.....	43
Tabel 3. Karakteristik Demografis dan Antropometri Responden ..	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. Perubahan VO ₂ max dan SpO ₂ Remaja di Dataran Rendah...	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. Perubahan VO ₂ max dan SpO ₂ Remaja di Dataran Tinggi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. Perbandingan Perubahan VO ₂ max dan SpO ₂ Antara Kelompok Dataran Rendah dan Dataran Tinggi.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Nomor urut	Halaman
Gambar 1. Kerangka Teori.....	40
Gambar 2. Kerangka Konsep	41
Gambar 3. Alur Penelitian	43
Gambar 4. Alur Seleksi Responden	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. Perkembangan Nilai SpO ₂ Selama <i>Jogging</i> pada Remaja di Dataran Rendah.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6. Perkembangan Nilai SpO ₂ Selama <i>Jogging</i> pada Remaja di Dataran Tinggi	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor urut	Halaman
Lampiran 1. Surat Izin Pengambilan Data	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 2. Surat Izin Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 3. Surat Rekomendasi Perstujuan Etik.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 4. Surat Keterangan Telah Melakukan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 5. Informed Consent.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 6. Formulir Data Diri Responden.....	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 7. Lembar Kuesioner Faktor Genetik	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 8. Hasil Olah Data SPSS	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Lampiran 10. <i>Curriculum Vitae</i>	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Arti
VO ₂ max	Volume Oksigen Maksimal
SpO ₂	Saturasi Oksigen Perifer
ATP	<i>Adenosine Triphosphate</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
EPO	Eritropoietin
MFT	<i>Multistage Fitness Test</i>
FPC	<i>Finite Population Correction</i>
ml/kg/menit	Mililiter per kilogram berat badan per menit
%	Persentase
≥	Lebih dari atau sama dengan
<	Kurang dari

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sulawesi Selatan memiliki keragaman geografis yang mencakup kawasan dataran tinggi pegunungan dan dataran rendah pesisir. Wilayah dataran tinggi, yang tersebar di bagian tengah dan utara provinsi seperti Seko, Malino, Enrekang, dan Tana Toraja berada pada ketinggian sekitar 800 hingga lebih dari 1.500 meter di atas permukaan laut. Kondisi lingkungan kawasan ini ditandai oleh tekanan udara yang rendah, tekanan parsial oksigen yang rendah, suhu yang rendah, dan radiasi ultraviolet yang tinggi (Meng et al., 2025). Penduduknya umumnya hidup dalam masyarakat agraris dengan aktivitas fisik harian yang cukup tinggi (Nie et al., 2019). Sebaliknya, wilayah dataran rendah meliputi kota-kota pesisir seperti Makassar, Maros, Barru, dan Jeneponto, dengan ketinggian 0–300 meter di atas permukaan laut (RPJPD, 2025). Kawasan ini memiliki suhu dan kelembapan lebih tinggi (Nooni et al., 2025). Penduduk dataran rendah cenderung memiliki aktivitas fisik yang lebih beragam namun kurang intensif akibat gaya hidup perkotaan (McCrorie et al., 2020). Kontras inilah yang menjadi dasar ilmiah penting untuk menelaah perbedaan potensi kapasitas fisiologis, termasuk $VO_2\text{max}$ dan saturasi oksigen, antara remaja dari dua kondisi geografis tersebut.

Sistem kardiovaskular memiliki peran sentral dalam mendukung kemampuan tubuh melakukan aktivitas fisik melalui proses transportasi oksigen ke jaringan (Patel PN et al., 2024). Efisiensi aliran darah, kemampuan jantung memompa, serta respons tubuh terhadap perubahan lingkungan fisik menjadi faktor penting yang menentukan kapasitas fungsional seseorang (Lee & Zhang, 2021; Lucas, 2025). Perubahan lingkungan, khususnya yang berkaitan dengan ketinggian tempat tinggal, dapat memengaruhi respons kardiovaskular akibat perbedaan tekanan parsial oksigen yang masuk ke tubuh (Wang et al., 2022).

Salah satu indikator yang menggambarkan kapasitas fungsional tubuh dalam memanfaatkan oksigen adalah Volume Oksigen Maksimal ($VO_2\text{max}$). Parameter ini sering digunakan sebagai ukuran kebugaran aerobik dan ketahanan tubuh (Africo Ramadhani et al., 2025). Selain itu, saturasi oksigen perifer (SpO_2) mencerminkan kemampuan tubuh mempertahankan tingkat oksigen dalam darah (Thalib & Madji, 2023). Keduanya dapat dipengaruhi oleh kondisi fisiologis maupun lingkungan, termasuk perbedaan antara dataran tinggi dan dataran rendah (Furian et al., 2022).

Pada masa remaja, kondisi kardiovaskular berada dalam fase perkembangan yang pesat. Remaja cenderung aktif secara fisik, namun juga rentan mengalami perubahan fisiologis akibat gaya hidup, pertumbuhan tubuh, serta aktivitas harian (Laakso et al., 2024). Adaptasi sistem kardiovaskular pada remaja yang tinggal di ketinggian berbeda dapat menghasilkan variasi dalam kemampuan tubuh menyerap dan memanfaatkan oksigen (Sánchez et al., 2025). Perubahan tekanan udara dan ketersediaan oksigen di lingkungan tempat tinggal dapat berdampak pada performa fisik dan fungsi respirasi remaja (Tang et al., 2024).

Aktivitas fisik teratur seperti *jogging* menjadi salah satu bentuk latihan aerobik yang efektif dalam meningkatkan kebugaran kardiorespirasi (Chen et al., 2025). Latihan aerobik seperti *Jogging* meningkatkan kebutuhan oksigen secara bertahap sehingga memicu adaptasi fisiologis seperti peningkatan kapasitas paru dalam proses difusi oksigen, peningkatan *cardiac output*, serta peningkatan efisiensi pemanfaatan oksigen di jaringan otot. Adaptasi tersebut secara langsung dapat meningkatkan $VO_2\text{max}$. (Dridi et al., 2021; Heinonen, 2025; Korivi et al., 2025; Lin et al., 2023). Selain itu, selama latihan aerobik, sistem pernapasan (*pulmonary system*) meningkatkan ventilasi dan efisiensi pertukaran gas di paru-paru, sehingga membantu menjaga saturasi oksigen (SpO_2) darah tetap berada dalam batas fisiologis normal (Dominelli & Sheel, 2024). Namun, respons fisiologis terhadap *jogging* dapat berbeda antara remaja di dataran tinggi yang telah beradaptasi dengan kondisi hipoksia dan remaja di dataran rendah yang terbiasa dengan ketersediaan oksigen yang lebih tinggi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa nilai $VO_2\text{max}$ dan saturasi oksigen menurun seiring meningkatnya ketinggian tempat (Chada et al., 2024; Mufidah & Wiriawan, 2024). Namun, Sebagian besar penelitian tersebut dilakukan pada populasi atlet atau orang dewasa yang mengalami aklimatisasi jangka pendek. Sementara itu, kajian terhadap populasi remaja yang lahir dan tumbuh secara permanen di dua kondisi geografis yang berbeda, masih sangat terbatas. Selain itu, kajian mengenai pengaruh latihan aerobik khususnya *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada remaja dengan latar geografis yang kontras masih sangat terbatas Keterbatasan penelitian ini juga terlihat pada konteks lokal Indonesia, di mana variabilitas geografis yang tinggi antara wilayah pegunungan dan dataran rendah belum banyak dieksplorasi dari sisi adaptasi fisiologis remaja. Berdasarkan celah penelitian tersebut, diperlukan studi yang secara langsung membandingkan kondisi fisiologis antara populasi remaja di dua wilayah geografis berbeda.

Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan guna mengisi kesenjangan tersebut dengan membandingkan nilai $VO_2\text{max}$ dan saturasi oksigen serta menganalisis pengaruh *jogging* terhadap perubahan kedua parameter tersebut pada remaja di dataran tinggi dan dataran rendah. Dalam penelitian ini, populasi dataran tinggi akan diwakili oleh siswa dari SMPN 2 Tombolopao di Kecamatan Kanreapia, Kabupaten Gowa, wilayah yang secara geografis berada di ketinggian dengan kondisi hipoksia alami. Sedangkan populasi dataran rendah akan diwakili oleh siswa dari SMPN 12 Makassar, yang terletak di lingkungan perkotaan pesisir dengan tekanan udara dan kadar oksigen yang normal.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dirancang untuk menjawab pertanyaan utama: *apakah terdapat perbedaan yang signifikan pada nilai $VO_2\text{max}$ dan saturasi oksigen antara remaja yang tinggal di dataran tinggi dan dataran rendah dan apakah jogging memberikan pengaruh yang berbeda terhadap perubahan kedua parameter tersebut di antara kedua kelompok geografis tersebut?* Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur, menganalisis, dan membandingkan kedua parameter tersebut pada populasi remaja dari dua kondisi

geografis yang berbeda sebelum dan sesudah *jogging*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran ilmiah mengenai perbedaan karakteristik kebugaran kardiorespirasi dan oksigenasi tubuh pada remaja, serta menjadi referensi empiris bagi penelitian selanjutnya terkait fisiologi olahraga dan adaptasi lingkungan. Selain itu, temuan ini juga dapat dimanfaatkan untuk mengembangkan program kebugaran yang lebih sesuai dengan kondisi geografis dan kemampuan fisik remaja.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas yang menjadi landasan bagi penulis dalam melakukan penelitian ini, maka dapat dirumuskan untuk pertanyaan penelitian sebagai berikut:

- a. Bagaimana karakteristik kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi?
- b. Apakah terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ pada kelompok remaja dataran rendah?
- c. Apakah terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ pada kelompok remaja dataran tinggi?
- d. Apakah terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah?
- e. Apakah terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan SpO_2 pada kelompok remaja dataran tinggi?
- f. Apakah terdapat perbedaan perubahan volume oksigen maksimal ($VO_2\text{max}$) pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi?
- g. Apakah terdapat perbedaan perubahan saturasi oksigen perifer (SpO_2) pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi?
- h. Kelompok manakah yang memiliki perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 yang lebih baik setelah *jogging*: kelompok remaja di dataran tinggi atau dataran rendah?

1.3 Tujuan Penelitian

1.3.1 Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada remaja, serta membandingkan besarnya perubahan antara kelompok remaja dataran tinggi dan dataran rendah.

1.3.2 Tujuan Khusus

- a. Diketuainya karakteristik kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.
- b. Diketuainya pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ pada kelompok remaja dataran rendah.
- c. Diketuainya pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ pada kelompok remaja dataran tinggi.
- d. Diketuainya pengaruh *jogging* terhadap perubahan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah.
- e. Diketuainya pengaruh *jogging* terhadap perubahan SpO_2 pada kelompok remaja dataran tinggi.

- f. Diketuainya perbedaan perubahan $VO_2\text{max}$ antara kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.
- g. Diketuainya perbedaan perubahan SpO_2 antara kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.
- h. Diketuainya kelompok mana yang memiliki perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 yang lebih baik setelah *jogging*: kelompok remaja di dataran tinggi atau dataran rendah.

1.4 Manfaat Penelitian

1.4.1 Bagi Pendidikan

- a. Memberikan tambahan pengetahuan ilmiah mengenai pengaruh latihan *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 serta dampaknya berdasarkan kondisi geografis.
- b. Menjadi bahan referensi dalam pembelajaran pendidikan jasmani, olahraga, dan kesehatan, terutama pada topik adaptasi fisiologis terhadap lingkungan dan pengaruh latihan aerobik.
- c. Meningkatkan kesadaran peserta didik dan guru akan pentingnya latihan fisik yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan tempat tinggal (dataran tinggi atau rendah).

1.4.2 Bagi Fisioterapi

- a. Memberikan data empiris yang dapat digunakan fisioterapis dalam menyusun program latihan dan rehabilitasi berbasis kondisi lingkungan (*altitude-based exercise*).
- b. Menjadi dasar pertimbangan dalam melakukan evaluasi fungsi kardiopulmoner remaja, khususnya dalam konteks peningkatan $VO_2\text{max}$, saturasi oksigen, dan adaptasi terhadap latihan aerobik.
- c. Memperkaya literatur fisioterapi olahraga terkait perbedaan adaptasi sistem kardiovaskular dan respirasi pada individu di wilayah dengan tekanan udara dan kadar oksigen yang berbeda.

1.4.3 Bagi Pihak Instansi

- a. Memberikan informasi objektif mengenai tingkat $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 siswa sebagai dasar perencanaan kegiatan olahraga sekolah.
- b. Menjadi acuan dalam penyusunan program pembinaan kebugaran dan kesehatan siswa, agar lebih efektif sesuai dengan karakteristik lingkungan geografis sekolah.
- c. Mendorong pihak sekolah untuk melakukan pemantauan rutin terhadap kondisi kebugaran siswa sebagai bagian dari upaya peningkatan mutu kesehatan dan prestasi belajar.

1.4.4 Bagi Peneliti

- a. Menjadi sumber data awal untuk penelitian lanjutan mengenai pengaruh latihan aerobik terhadap adaptasi fisiologis pada remaja di lingkungan berbeda.
- b. Memperluas pemahaman tentang hubungan antara faktor lingkungan dan kebugaran kardiorespirasi pada populasi remaja.

- c. Dapat digunakan sebagai dasar dalam pengembangan metode pengukuran atau intervensi latihan untuk meningkatkan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada populasi remaja.

1.5 Teori

Kebugaran jasmani merupakan kemampuan seseorang untuk melakukan aktivitas fisik sehari-hari secara efisien tanpa mengalami kelelahan yang berlebihan serta masih memiliki cadangan energi untuk melaksanakan aktivitas tambahan (Sirilus Daniel Agung Syawang et al., 2024). Kebugaran jasmani terdiri atas beberapa komponen penting, antara lain daya tahan otot, kekuatan otot, dan komposisi tubuh, serta daya tahan kardiorespirasi (Rosalina et al., 2024). Daya tahan kardiorespirasi ditentukan oleh efisiensi kerja sistem jantung, paru-paru, dan pembuluh darah dalam menyalurkan serta memanfaatkan oksigen pada otot aktif, di mana peningkatan stroke volume, fungsi ventilasi, dan kapilarisasi otot berperan penting dalam peningkatan kapasitas aerobik seseorang (Lee & Zhang, 2021; Reuter et al., 2023; Sanchis-Gomar et al., 2025). Tingkat daya tahan kardiorespirasi yang baik sangat penting, terutama pada usia remaja, karena berkontribusi terhadap pertumbuhan fisik, kemampuan belajar, serta kesehatan jangka Panjang (Bielik et al., 2025).

Volume Oksigen Maksimal ($VO_2\text{max}$) merupakan jumlah maksimum oksigen yang dapat dikonsumsi, diangkut, dan dimanfaatkan oleh tubuh per menit per kilogram berat badan (ml/kg/menit) selama latihan dengan intensitas maksimal (Martin-Rincon & Calbet, 2020). $VO_2\text{max}$ diakui secara luas sebagai indikator *gold standard* untuk menilai kemampuan aerobik seseorang serta kapasitas daya tahan kardiorespirasi. Semakin tinggi nilai $VO_2\text{max}$, semakin besar pula kemampuan tubuh untuk melakukan aktivitas fisik yang bersifat aerobik dalam waktu lama (Pansuriya & Pandya, 2025). Pencapaian $VO_2\text{max}$ melibatkan kerja terintegrasi dari beberapa sistem organ yang sering disebut sebagai *oxygen pathway*, meliputi sistem respirasi, sistem kardiovaskular, dan sistem otot. Sistem respirasi berperan dalam proses pengambilan oksigen dari udara dan transfernya ke dalam darah. Sistem kardiovaskular berfungsi memompa serta mendistribusikan darah yang kaya oksigen ke seluruh tubuh, sedangkan sistem otot berperan dalam penggunaan oksigen untuk menghasilkan energi (ATP) melalui proses metabolisme aerobik (Dominelli et al., 2021).

Nilai $VO_2\text{max}$ dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik internal maupun eksternal. Faktor internal mencakup usia, jenis kelamin, faktor genetik, dan komposisi tubuh (Srivastava et al., 2024). Sementara faktor eksternal meliputi tingkat aktivitas fisik, status latihan, kondisi nutrisi, serta faktor lingkungan seperti ketinggian tempat tinggal (Bıçakçı et al., 2024). Ketinggian tempat merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh besar terhadap kemampuan tubuh dalam menggunakan oksigen. Semakin tinggi suatu wilayah dari permukaan laut, semakin rendah tekanan parsial oksigen di atmosfer. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen yang masuk ke dalam paru-paru dan darah, sehingga dapat menurunkan kapasitas kerja aerobik dan nilai $VO_2\text{max}$ seseorang (Webb et al., 2023).

Saturasi oksigen (SpO_2) merupakan persentase hemoglobin dalam darah arteri yang jenuh atau terikat dengan oksigen. Nilai SpO_2 normal pada individu sehat di dataran

rendah berkisar antara 95–100% dan menggambarkan efisiensi proses oksigenasi paru-paru dalam memasok oksigen ke seluruh tubuh (Abebe & Goshu, 2025). Penurunan nilai SpO_2 umumnya terjadi ketika tekanan parsial oksigen di udara menurun, seperti pada kondisi hipoksia di dataran tinggi (Li et al., 2023). *Pulse oximeter* merupakan alat yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen secara non-invasif, dengan memanfaatkan sensor LED merah dan inframerah untuk mendeteksi kadar hemoglobin yang teroksidasi dan terdeoksidasi (Browne et al., 2025; Hess, 2024). Nilai SpO_2 yang rendah mencerminkan keterbatasan suplai oksigen yang tersedia bagi jaringan, dan jika berlangsung terus-menerus dapat menurunkan kemampuan aerobik seseorang (Płoszczyca et al., 2022).

Perbedaan lingkungan antara dataran rendah dan dataran tinggi terutama disebabkan oleh perbedaan tekanan udara (Luks et al., 2021). Wilayah yang tergolong dataran tinggi (high altitude) umumnya berada pada ketinggian 1500 meter atau lebih dari permukaan laut (Savioli et al., 2022). Semakin tinggi elevasi dari permukaan laut, tekanan barometrik akan menurun secara progresif sehingga menurunkan tekanan parsial oksigen di udara (Forrer et al., 2023). Kondisi ini dikenal sebagai hipoksia hipobarik. Akibatnya, tubuh manusia menerima lebih sedikit oksigen pada setiap tarikan napas, sehingga saturasi oksigen dalam darah menurun (Huang et al., 2023).

Namun demikian, tubuh manusia memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda, termasuk terhadap hipoksia di dataran tinggi. Adaptasi fisiologis yang terjadi secara kronis antara lain peningkatan produksi hormon eritropoietin (EPO) oleh ginjal, yang merangsang pembentukan sel darah merah lebih banyak melalui proses eritropoiesis. Hal ini meningkatkan konsentrasi hemoglobin dalam darah sehingga kapasitas pengangkutan oksigen meningkat (Masdar et al., 2025). Selain itu, terjadi peningkatan ventilasi paru, baik dari segi frekuensi maupun kedalaman napas, untuk memaksimalkan pengambilan oksigen dari udara yang lebih tipis. Adaptasi kardiovaskular juga terjadi berupa peningkatan curah jantung dan kepadatan kapiler di jaringan otot, yang berfungsi untuk memperlancar distribusi oksigen ke seluruh tubuh (Getu et al., 2025).

Anak usia 12–15 tahun berada pada fase pubertas, yaitu masa pertumbuhan pesat sistem muskuloskeletal dan kardiovaskular (Faienza et al., 2023; Laakso et al., 2024). Pada masa ini, kapasitas aerobik atau VO_{2max} masih berkembang dan sangat dipengaruhi oleh tingkat aktivitas fisik serta kondisi lingkungan tempat tinggal (Bafirman et al., 2023). Karena sistem fisiologis anak belum sepenuhnya matang, mereka cenderung lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan, seperti perbedaan tekanan udara dan kadar oksigen antara dataran rendah dan dataran tinggi. Dengan demikian, ketinggian tempat berperan penting terhadap kapasitas kebugaran kardiorespirasi (Lang et al., 2021). Siswa yang tinggal di dataran tinggi secara umum diperkirakan memiliki nilai SpO_2 dan VO_{2max} yang lebih rendah dibandingkan siswa di dataran rendah (Andrade et al., 2020; Zhang et al., 2022). Namun, adanya adaptasi fisiologis jangka panjang dapat mengurangi perbedaan tersebut, tergantung pada lama paparan, tingkat aktivitas fisik, dan kemampuan adaptasi individu terhadap lingkungan (Dragos et al., 2022; Dünwald et al., 2021).

Latihan aerobik, termasuk *jogging*, merupakan aktivitas fisik berintensitas sedang

yang dilakukan secara berkelanjutan (Pramana et al., 2021). *Jogging* melibatkan otot besar secara ritmis sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen tubuh, memicu adaptasi sistem kardiovaskular dan respirasi, serta meningkatkan kapasitas aerobik (Sari & Ningrum, 2020). Adaptasi yang terjadi akibat *jogging* meliputi peningkatan efisiensi kerja jantung melalui peningkatan stroke volume dan curah jantung maksimal, peningkatan kapilarisasi serta densitas mitokondria pada otot sehingga kemampuan otot menggunakan oksigen untuk produksi energi melalui metabolisme aerobik menjadi lebih baik, serta peningkatan efisiensi ventilasi paru yang memungkinkan pertukaran oksigen dan karbon dioksida lebih optimal (Dominelli & Sheel, 2024; Dridi et al., 2021; Heinonen, 2025; Korivi et al., 2025).

Respons adaptasi terhadap Latihan aerobik seperti *jogging* dapat berbeda berdasarkan kondisi lingkungan tempat tinggal. Remaja yang tinggal di dataran tinggi mungkin mengalami peningkatan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 yang lebih lambat dibandingkan remaja di dataran rendah karena tekanan parsial oksigen lebih rendah, sehingga suplai oksigen terbatas (Li et al., 2023; Webb et al., 2023). Namun, adaptasi kronis terhadap hipoksia, seperti peningkatan jumlah sel darah merah dan kapasitas pengangkutan oksigen, dapat memodifikasi respons terhadap latihan aerobik (Deng et al., 2025). Sebaliknya, remaja di dataran rendah memiliki ketersediaan oksigen yang lebih tinggi, sehingga peningkatan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 lebih cepat dicapai selama perlakuan Latihan aerobik (Meyke Parengkuan & Sarjan Mile, 2021; Simanjuntak et al., 2016).

Tabel 1. *Systematic Review*

No	Jurnal	Gap Latar belakang	Metode			Hasil	Kesimpulan	Keterangan berdasarkan pemikiran anda
			Sampel	Variabel	Alat ukur			
1	Perbandingan Tingkat Kemampuan Fisik Daya Tahan ($VO_2\max$) Siswa SSB U-15 di Dataran Tinggi Dengan Dataran Rendah Kabupaten Purbalingga (Tegar Tri Darmawan et al., 2024)	Penelitian ini hanya menggunakan teknik analisis statistic dengan presentase sehingga metode yang digunakan perlu dikembangkan untuk memasukkan variasi sampel yang memadai dan teknik pengukuran yang sesuai	20 sampel yang berasal dari siswa SSB Soedirman U-15 dan 20 sampel yang berasal dari siswa Pusbit 1 Purbalingga U-15. Sehingga keseluruhan berjumlah 40	- Dependen: $VO_2\max$ - Independen: Dataran Tinggi dan Dataran Rendah	- Bleep test - Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan teknik analisis statistik deskriptif dengan persentase	Tingkat kemampuan fisik daya tahan ($VO_2\max$) siswa SSB U-15 di dataran rendah (Pusbit 1 Purbalingga) kabupaten Purbalingga sebagian besar didominasi dengan kategori $VO_2\max$ sangat kurang sebanyak 10 (50%) responden, kurang sebanyak 4 (20%) responden, cukup sebanyak 3 (15%) dan baik sebanyak 3 (15%). Tidak ada responden dengan hasil $VO_2\max$ kategori sangat baik dan sangat baik sekali. Sedangkan tingkat kemampuan fisik daya tahan ($VO_2\max$) SSB U-15 di dataran tinggi (SSB Soedirman) kabupaten Purbalingga sebagian besar didominasi dengan	terdapat perbedaan kemampuan fisik daya tahan ($VO_2\max$) yaitu SSB U-15 di dataran tinggi (SSB Soedirman) lebih baik dari pada SSB U-15 di dataran rendah (Pusbit 1 Purbalingga).	Penelitian ini menggunakan metode yang sederhana tetapi dapat menunjukkan bahwa kemampuan fisik daya tahan SSB U-15 di dataran tinggi (SSB Soedirman) lebih baik dari pada SSB U-15 di dataran rendah (Pusbit 1 Purbalingga).

			sampel.			kategori VO ₂ MAX sangat kurang sebanyak 5 (25%) kurang sebanyak 7 (35%) responden, cukup sebanyak 6 (30%) dan baik sebanyak 2 (10%). Tidak ada responden dengan hasil VO ₂ max kategori sangat baik dan sangat baik sekali.		
2	Perbandingan Tingkat Daya Tahan Kardiorespirasi Siswa Di Dataran Tinggi Dengan Siswa Di Dataran Rendah Kabupaten Ngawi (Abdiyah, 2020)	Penelitian ini menghasilkan hasil yang berbeda dengan teori yang ada, terdapat faktor yang memengaruhi hasil dari penelitian ini maka dari itu perlu dilakukan penelitian tambahan yang lebih mendalam dan terkontrol mengenai	Peneliti mengambil 32 orang dari masing-masing sekolah	- Dependen: Daya tahan kardiorespirasi - Independen: Dataran Tinggi dan Dataran Rendah	- Multistage Fitness Test - Uji normalitas kolmogorov-smirnov - Uji perbedaan daya tahan kardiorespirasi Mann Whitney Test	Hasil tes MFT dari SMPN 3 Sine dan SMP Negeri 3 Ngawi memiliki rerata yang hampir sama. Persentase daya tahan kardiorespirasi untuk siswa SMP Negeri 3 Sine paling banyak berada pada kategori sangat kurang dengan persentase 90,6% sedangkan siswa SMP Negeri 3 Ngawi paling banyak berada pada kategori sangat kurang dengan persentase 87,5. nilai signifikansi dari tes daya tahan kardiorespirasi siswa SMP Negeri 3 Sine lebih kecil dari nilai alpha (5%) 0,05 dapat dikatakan Sig<α (0.00<0.05) sehingga diputuskan Ho	Dari data yang telah terkumpul dan dianalisis dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan daya tahan kardiorespirasi yang bermakna (signifikan) antara siswa yang bersekolah di dataran tinggi dengan siswa yang bersekolah di	Penelitian ini menggunakan uji yang cukup relevan dalam metodenya tetapi hasil yang didapatkan menunjukkan tidak ada perbedaan daya tahan kardiorespirasi pada siswa dataran tinggi maupun rendah karena adanya faktor

		faktor lainnya agar mendapatkan hasil yang sejalan.				dapat diterima yang diasumsikan data berdistribusi tidak normal. Sedangkan nilai uji signifikansi dari tes daya tahan kardiorespirasi siswa SMP Negeri 3 Ngawi lebih besar dari alpha (5%) atau ($0.09 > 0.05$). Berdasarkan hasil pengolahan data dengan menggunakan Mann Whitney Test didapatkan hasil Sig.2 tailed sejumlah 0,973 dan untuk level signifikan 0,05 (5%). Sesuai hasil tersebut maka H_a ditolak dan H_o diterima sebab $0.973 > 0.05$ yang dapat diartikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan tingkat daya tahan kardiorespirasi siswa dataran tinggi dengan siswa dataran rendah kabupaten Ngawi.	dataran rendah kabupaten Ngawi. Saran	lain yang memengaruh i.
3	PENGARUH LATIHAN JOGGING TERHADAP (VO_{2Max})	Penelitian ini menggunakan <i>one-group pretest-posttest</i>	Sampel dari penelitian ini adalah	- Dependen: Latihan	- Analisis deskriptif	Berdasarkan pada hasil pengujian statistik ditemukan bahwa nilai Sig. (2-tailed) $0,00 < 0,05$, yang berarti keduanya terdapat	Kesimpulan yang didapatkan dalam penelitian ini	Penelitian ini telah membuktikan bahwa ada pengaruh

	(Meyke Parengkuan & Sarjan Mile, 2021)	<i>design</i> yang berarti hanya satu kelompok tanpa kontrol. Tanpa kelompok kontrol, sulit memastikan bahwa peningkatan VO ₂ Max benar-benar disebabkan oleh jogging, dan bukan oleh faktor lain	24 siswa SMP Negeri 13 Kota Gorontalo didapatkan dengan Random Sampling	jogging - Independen : vo2max	- Uji normalitas - Uji homogenitas - Uji hipotesis penelitian - <i>Bleep test</i>	perbedaan pretest dan posttest. Setelah melakukan uji rerata, maka pengujian hipotesis dilakukan untuk mengetahui perbedaan yang signifikan hasil VO ₂ Max sebelum dan sesudah melalui latihan jogging. Maka diketahui bahwa ada perbedaan yang signifikan hasil VO ₂ Max sebelum dan sesudah melalui latihan jogging pada siswa SMP Negeri 13 Kota Gorontalo. Perbedaan sebesar 9,787 (dimana beda mean antara sesudah dan sebelum perlakuan/treatment).	yaitu latihan jogging akan mempengaruhi konsumsi Oksigen seseorang yang dapat diartikan bahwa tingkat VO ₂ Max akan semakin meningkat.	Latihan jogging terhadap vo2max tetapi kurang dirincikan dalam jurnal mengenai durasi/intensitas Latihan jogging yang dilakukan.
4	Pengaruh latihan fisik akut terhadap saturasi oksigen pada pemain basket mahasiswa Fakultas Kedokteran	Perlakuan pada penelitian ini yaitu bermain basket selama 20 menit saja. Ini mungkin tidak cukup lama atau intens untuk	Sampel dalam penelitian ini sebanyak 32 orang mahasiswa pemain basket	- Dependen: Saturasi oksigen - Independen : Latihan	- <i>pulse oksimetri</i> - uji T berpasangan.	Responden dengan jenis kelamin laki laki sebanyak 26 orang (81,3%) dengan rerata nilai saturasi oksigen sebelum latihan sesudah latihan sebesar 97,42% dan meningkat sebesar 97,85%. Responden dengan jenis kelamin perempuan	Berdasarkan hasil penelitian dilakukan, yang didapatkan bahwa terdapat peningkatan nilai saturasi	Penelitian ini menunjukkan bahwa latihan fisik akut memengaruhi nilai saturasi oksigen.

	Unsrat (Simanjuntak et al., 2016)	mencerminka n efek fisiologis jangka panjang atau variasi saturasi oksigen selama jenis latihan fisik akut lain.	Fakultas Kedokte ran Universi tas Sam Ratulan gi.	n fisik akut		berjumlah lebih sedikit, yakni 6 orang (18,8%) dengan nilan rerata sebelum latihan 97,50% dan meningkat setelah latihan sebesar 98,17%. Secara keseluruhan nilai rerata saturasi oksigen sebelum latihan adalah 97,44% dan meningkat setelah latihan menjadi 97,91%. Berdasarkan uji statistik yaitu uji T berpasangan, didapatkan nilai $p = 0,041$ ($<0,05$) maka hipotesis diterima yaitu terdapat peningkatan nilai saturasi oksigen sesudah diberikan perlakuan berupa latihan fisik olahraga basket.	oksigen yang signifikan dengan nilai $p = 0,041$ setelah melakukan latihan fisik akut.	
5	Evaluasi Tingkat Daya Tahan Kardiorespira si Aerobik Siswa	Pada penelitian ini hanya mengambil laki-laki sebagai	Dengan teknik random samplin g penelitia	- Depen den: Daya tahan kardio respir	- Bleep test (MFT) - Uji normal itas	Hasil $VO_2\max$ siswa yang tinggal didataran tinggi daya tahan kardiorespirasi siswa yang tinggal didataran tinggi yaitu $VO_2\max$	Maka dapat disimpulkan terdapat perbedaan yang signifikan	Penelitian ini menunjukkan hasil daya tahan kardiorespira si aerobik

	Menengah Pertama Yang Terletak Di Dataran Tinggi Dan Dataran Rendah (Mufidah & Wiriawan, 2024)	sampel maka dari itu minim representasi siswa perempuan sehingga belum bisa menggambarkan profil daya tahan kardiorespirasi siswa SMP secara menyeluruh, karena jenis kelamin adalah variabel biologis penting yang memengaruhi hasil. Serta keterbatasan penelitian ini yaitu tidak memperhitungkan BMI siswa yang termasuk dalam	n ini melibatkan an siswa putra kelas 8 berjumlah dari masing-masing sekolah 20 anak dengan rentan usia 14-15 tahun dengan kriteria eksklusif yaitu siswa yang hadir ketika pengambil data, siswa yang	asi aerobik - Independen : data tinggi dan data rendah	- Uji homogenitas lavene's test - Uji beda independen sampel T-test	tertinggi 57,3 ml/kg/menit dan terendah 32,1 ml/kg/menit. Dengan rata-rata $VO_2\text{max}$ 46,76 ml/kg/menit. Hasil $VO_2\text{max}$ siswa yang tinggal didataran rendah yaitu $VO_2\text{max}$ tertinggi 57,1 ml/kg/menit dan terendah 25,7 ml/kg/menit. Dengan rata-rata $VO_2\text{max}$ 38,45 ml/kg/menit. Dari hasil uji normalitas data penelitian berdistribusi normal, menunjukkan bahwa nilai $VO_2\text{max}$ kelompok dataran tinggi dan kelompok dataran rendah diperoleh $p > 0,05$. Hasil uji t menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai $VO_2\text{max}$ kelompok siswa yang tinggal didataran tinggi dan kelompok siswa yang tinggal didataran rendah dengan nilai T sig (2-	antara keduanya, Dimana tingkat $VO_2\text{max}$ siswa yang tinggal didataran tinggi lebih baik dibandingkan dengan siswa yang tinggal didataran rendah.	pada siswa SMP usia remaja yang mana masih minim penelitian dengan populasi ini dikarenakan penelitian lain biasanya memakai populasi atlet atau mahasiswa. Penelitian ini mencantumkan norma MFT yang dipakai sebagai tolak ukur pengukuran dengan jelas.
--	--	--	--	---	--	---	--	--

		faktor internal.	tidak mempunyai riwayat penyakit, dan siswa yang menerima undian bertuliskan "melakukan bleep test".			tailed) $0,005 < q\text{value (sig)}$ $0,05$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima.		
6	Perbandingan Daya Tahan Kardiovaskular Atlet Sepakbola Yang Tinggal Didataran Rendah Kabupaten Gowa (Ilham	Sampel pada penelitian ini sangat minim dan peneliti tidak menyebutkan karakteristik individu dari pasien seperti jenis kelamin maupun usia sehingga dapat	Sampel dalam penelitian ini berjumlah 22 orang dimana masing-masing kelompok berjumlah 11	- Dependen: Daya tahan kardiovaskular - Independen: data tinggi dan	- MFT - Uji deskriptif - Uji normalitas data - Uji hipotesis dengan uji t-beda	Hasil statistik deskriptif untuk variabel Daya tahan kardiovaskular atlet sepak bola dataran diperoleh nilai maksimum = 54.10; nilai minimum = 43.30; rata-rata (mean) = 50.23; standart deviasi = 3.32. Daya tahan kardiovaskular atlet sepak bola dataran rendah diperoleh nilai maksimum = 50.80; nilai minimum =	Terdapat perbedaan yang signifikan antara daya tahan kardiovaskular atlet sepak bola yang tinggal didataran tinggi dan daya tahan	Penelitian ini menjelaskan analisis data dengan lengkap sehingga hasil dari uji yang dilakukan mudah dipahami

	et al., 2020)	menurunkan validitas statistik	orang	dataran rendah		40.20; rata-rata (mean) = 46.08; standart deviasi = 3,78. Hasil uji normalitas data dapat disimpulkan Daya Tahan Kardovaskular Atlet Sepak Bola Dataran tinggi dengan nilai (KS-Z=0.169) $p>0,05$. Daya Tahan Kardovaskular Atlet Sepak Bola Dataran rendah dengan nilai (KS-Z=0.151) $p>0,05$. Semua keseluruhan data-data penelitian mengikuti sebaran normal atau berdistribusi normal. Pada uji T-test didapatkan hasil bahwa ada perbandingan yang signifikan antara daya tahan kardiovaskular atlet sepak bola dataran tinggi (50.23 ± 3.32) dibandingkan dengan daya tahan kardiovaskular atlet sepak bola dataran rendah (46.08 ± 3.78). dengan memiliki nilai $p = 0.001$ ($p < 0,05$). jika	kardiovaskuler atlet sepak bola didataran rendah dikabupaten Gowa.	
--	---------------	--------------------------------	-------	----------------	--	---	--	--

						p<0.05 maka hipotesis penelitian diterima.		
7	Analisis Tingkat Volume Oksigen Maksimal (VO ₂ max) Camaba Prodi PJKR (Candra & Setiabudi, 2023)	Penelitian ini bersifat deskriptif sehingga analisis yang dilakukan terbatas hanya menghasilkan klasifikasi VO ₂ max tidak ada perhitungan statistik lanjutan yang dilakukan oleh peneliti	Dengan menggunakan teknik total sampling, sampel pada penelitian ini berjumlah 35 orang	- Dependen: VO ₂ max - Independen: camaba prodi PJKR	- MFT	Tingkat VO ₂ max Camaba Prodi PJKR yang masuk dalam kategori superior sebanyak 3 orang (8,57 %), pada kategori excellent sebanyak 9 orang (25,70 %), pada kategori good sebanyak 13 orang (37, 10 %), pada kategori fair sebanyak 5 orang (14,20 %), pada kategori poor sebanyak 3 orang (8, 57 %), dan pada kategori very poor sebanyak 2 orang (5, 71 %).	Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat VO ₂ max Camaba Prodi PJKR dominan pada kategori good sebanyak 13 orang dengan rincian keseluruhan sebagai berikut : kategori superior sebanyak 3 orang, pada kategori excellent sebanyak 9 orang,	Penelitian ini menjelaskan bahwa camaba yang berdomisili di dataran tinggi memiliki VO ₂ max yang lebih baik daripada camaba yang tinggal di dataran rendah yang juga membuktikan bahwa ketinggian suatu tempat menjadi suatu faktor yang memengaruhi VO ₂ max

							pada kategori good sebanyak 13 orang, pada kategori fair sebanyak 5 orang, pada kategori poor sebanyak 3 orang, dan pada kategori very poor sebanyak 2 orang.	
8	Comparison of VO ₂ max Capacity and Lung Vital Capacity of Junior High School Students: Highlands and Lowlands (Bafirman et al., 2023)	Penelitian ini hanya membandingkan dua variabel secara terpisah, perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai korelasi dari dua variabel tersebut.	Dengan menggunakan teknik purposive sampling, sampel pada penelitian ini berjumlah 100 murid laki-laki	- Dependen: Kapasitas VO₂max dan kapasitas vital paru - Independen: Dataran	- Bleep test - Water spirometer - Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov - Uji T-test	Terdapat perbedaan kapasitas VO ₂ max dan kapasitas vital paru pada siswa dataran tinggi Kabupaten Agam dengan siswa dataran rendah Kota Padang, hal ini dapat dilihat dari postur tubuh siswa dataran tinggi memiliki rata-rata tinggi badan 163cm sedangkan rata-rata dataran rendah 157cm, dan berat badan di dataran tinggi memiliki rata-rata 55kg sedangkan dataran rendah 51kg, serta	Kapasitas VO ₂ max dan kapasitas vital paru lebih baik pada siswa SMP yang tinggal di dataran tinggi dibandingkan yang tinggal di dataran rendah	Penelitian ini menunjukkan bahwa siswa SMP yang tinggal di daerah dataran tinggi memiliki adaptasi fisiologis yang lebih baik, ditunjukkan melalui kapasitas kardiorespirasi

			berusia 13-15 tahun masing-masing berjumlah 25 orang dari 4 sekolah	tinggi dan dataran rendah		indeks massa tubuh di dataran tinggi rata-rata 21,48 sedangkan di dataran rendah 27,38. Berdasarkan hasil pengolahan data, ditemukan 1) terdapat perbedaan yang signifikan antara $VO_2\text{max}$ siswa SMP di daerah dataran tinggi dan daerah dataran rendah dengan nilai p (2-tailed) sebesar $p=0,026$ ($<0,05$). 2) Terdapat perbedaan yang signifikan antara kapasitas vital paru siswa SMP di dataran tinggi dan dataran rendah dengan nilai p (2-tailed) sebesar $p=0,000$ ($<0,05$).		si ($VO_2\text{Max}$) dan kapasitas paru yang lebih optimal dibanding siswa di dataran rendah.
9	Impact of High Altitude on Cardiovascular Health: Current Perspectives (Mallet et al., 2021)	Jurnal ini merupakan narrative review maka dari itu tidak ada desain eksperimen langsung karena data berasal dari		- Dependen: kesehatan kardiovaskular - Independen: high	- Narrative review	$VO_2\text{max}$ menurun 6–7% per 1000 m ketinggian. Hipoksia memicu peningkatan ventilasi, eritropoiesis, dan perfusi. Penduduk asli dataran tinggi menunjukkan adaptasi lebih baik dibanding lowlanders. Paparan altitud moderat–	Altitude memiliki efek ganda: awalnya menurunkan kapasitas fungsional ($VO_2\text{max}$), namun adaptasi	Penelitian ini menyatakan rentang ketinggian tinggi yaitu 1500-3500 mdpl, penelitian ini juga membahas

		kompilasi berbagai penelitian klinis & fisiologis		altitud e		tinggi umumnya aman bagi pasien jantung stabil, namun risiko aritmia & hipertensi paru meningkat. Hipoksia intermiten bahkan dapat memberi efek protektif terhadap tekanan darah.	jangka panjang memberi keuntungan fisiologis. Pasien dengan penyakit kardiovaskular dapat bepergian ke altitud sedang dengan hati-hati, namun perlu monitoring. Adaptasi genetik dan lingkungan menjadi kunci perbedaan antara penduduk asli pegunungan vs lowlanders.	mengenai interpretasi observasi epidemiologi yang tersedia pada populasi di dataran tinggi, menyajikan dan membahas respons kardiovaskular terhadap paparan ketinggian akut dan subakut secara umum dan khususnya pada orang dengan penyakit kardiovaskular yang sudah ada sebelumnya, hubungan antara
--	--	---	--	--------------	--	---	--	--

								patologi kardiovaskular dan penyakit neurodegeneratif di dataran tinggi, efek olahraga di dataran tinggi, dan mekanisme kardioprotektif yang diduga dari adaptasi terhadap hipoksia akut dan kronis.
10	Hemoglobin Mass, Blood Volume and VO_2 max of Trained and Untrained Children and Adolescents Living at Different Altitudes (Mancera-Soto et al.,	Penelitian ini menjelaskan bahwa anak-anak yang tinggal di dataran tinggi memiliki Hbmass dan Blood Volume lebih tinggi, tetapi VO_2 max	Sebanyak 475 anak dan remaja dengan pelatihan berbeda (perempuan n = 217, laki-laki	- Dependen: Hbmass, Blood Volume, VO_2 max - Independen: status latihan	- CO rebreathing - cycle ergometry - The Tanner stages of puberty	Sebelum pubertas, tidak ditemukan hubungan antara status latihan dengan Hbmass atau Blood Volume (BV). Selama dan setelah pubertas, nilai Hbmass dan BV pada kelompok yang berlatih tercatat 7–10% lebih tinggi dibanding kelompok yang tidak berlatih. Tinggal di dataran tinggi sedang memberikan	Efek latihan terhadap Hbmass (massa hemoglobin) dan BV (volume darah), yang kemudian berdampak pada peningkatan VO_2 max,	Penelitian ini menunjukkan bahwa anak-anak yang tidak berlatih di dataran tinggi memiliki Hbmass dan volume darah yang lebih tinggi dibandingkan

	2022)	tidak meningkat signifikan, lalu di penelitian ini belum menjelaskan lebih lanjut mengenai peran faktor non hemologis maka diperlukan penelitian lanjutan yang membahas mengenai hal ini.	n = 258; tidak terlatih n = 171, terlatih ketahanan n = 304) yang tinggal di dua ketinggian berbeda (~1.000 m, n = 204, ~2.600 m, n = 271) dan berusia 9–18 tahun berpartisipasi dalam penelitian ini.	(trained vs untrained), lokasi tempat tinggal (altitude vs tinggi)	- One way ANOVA - Two way ANOVA - Three way ANOVA - Unpaired t-test	efek positif yang konsisten, yaitu peningkatan Hbmass sekitar ~7% pada semua kelompok, tetapi tidak berpengaruh pada BV. Nilai VO ₂ max sebelum, selama, dan setelah pubertas sangat berkaitan dengan latihan, pra/awal pubertas: anak laki-laki +27%, anak perempuan +26%, pubertas pertengahan: +42% (laki-laki) dan +45% (perempuan), pubertas akhir: +43% (laki-laki) dan +47% (perempuan). Namun, VO ₂ max tidak dipengaruhi oleh ketinggian tempat tinggal. Efek latihan pada kelompok pra/awal pubertas independen dari Hbmass dan BV, sedangkan pada kelompok pubertas pertengahan dan akhir, sekitar 25% dari efek latihan dapat dijelaskan oleh peningkatan Hbmass.	baru bisa terlihat setelah anak memasuki masa pubertas.	dengan anak-anak tidak terlatih di dataran rendah. Namun, peningkatan tersebut tidak diikuti dengan kenaikan signifikan pada VO ₂ max. Hal ini disebabkan karena anak-anak tersebut tidak menjalani latihan fisik teratur, sehingga meskipun kapasitas pengangkutan oksigen (Hbmass) meningkat, adaptasi pada fungsi
--	-------	---	--	--	--	---	---	---

								jantung dan otot tidak terjadi. Temuan ini menegaskan bahwa Hbmass yang tinggi tidak secara otomatis meningkatkan $VO_2\text{max}$, kecuali disertai dengan stimulus latihan yang memadai.
11	Pulse oximetry curves in healthy children living at moderate altitude: A cross-sectional study from the Ecuadorian	Penelitian ini tidak memiliki kelompok pembandingan dari anak-anak yang tinggal di dataran rendah, oleh karena itu Tidak dapat menilai secara	Sampel penelitian ini terdiri dari 1.378 anak sehat berusia antara 1 bulan hingga 12 tahun,	- Dependen: pulse oxymetry curves - Independen: moderate altitude	- Pulse oximeter - Analisis deskriptif - Kruskal-wallis test - Mann-whitne	Sebanyak 1.378 anak sehat diikutsertakan dalam penelitian ini, terdiri dari 719 anak laki-laki (52,2%). Nilai median SpO_2 untuk seluruh populasi adalah 94,5%. Tidak ditemukan perbedaan nilai median SpO_2 berdasarkan usia maupun jenis kelamin. Persentil ke-2,5 untuk pengukuran SpO_2 secara keseluruhan adalah 90%,	Hasil penelitian ini memberikan nilai SpO_2 pada anak sehat usia 1 hingga 12 tahun yang tinggal di ketinggian 2.810 meter di atas permukaan	Penelitian ini menunjukkan bahwa anak sehat yang tinggal di ketinggian sedang (~2.800 m) secara fisiologis memiliki saturasi oksigen lebih

	Andes (Andrade et al., 2020)	langsung seberapa besar penurunan SpO ₂ akibat ketinggian pada populasi yang sama, karena tidak ada data pembandingan dari dataran rendah dalam studi yang sama	dengan proporsi laki-laki sebanyak 719 anak (52,2%)		y u test	pada anak di bawah usia 5 tahun sebesar 91%, dan pada anak usia di atas 7 tahun sebesar 90%	laut, yang dapat dianggap sebagai rentang normal. Kurva persentil SpO ₂ ini dapat berkontribusi sebagai rentang acuan untuk evaluasi klinis anak-anak yang tinggal di ketinggian tersebut	rendah daripada nilai referensi di permukaan laut.
12	Oxygen Saturation in Childhood at High Altitude: A Systematic Review (Ucrós et al., 2020)	Penelitian ini menggabungkan 20 studi dengan metode pengukuran saturasi oksigen (SpO ₂) yang beragam, menggunakan	20 studi dari 194 yang memenuhi kriteria kelayakan, subjek dalam studi-	- Dependen: oxygen saturation - Independen: high altitude	- Pulse oximetry - Peneliti melakukan pencarian artikel di tiga	Dari 194 referensi, 20 studi memenuhi kriteria kelayakan. Analisis meta (<i>meta-analysis</i>) tidak dapat dilakukan karena adanya perbedaan jenis oksimeter dan/atau protokol pengambilan data, serta perbedaan pelaporan ukuran tendensi sentral dan dispersi SpO ₂ .	Di dataran tinggi, nilai rata-rata/median SpO ₂ meningkat pada anak-anak seiring dengan pertambahan usia.	penelitian ini menunjukkan bahwa saturasi oksigen pada anak-anak yang hidup di ketinggian tinggi dipengaruhi oleh usia,

		n oximeter dan protokol yang berbeda. Hal ini menyebabkan ketidakmampuan melakukan meta-analisis yang kuat dan konsisten karena variasi dalam pelaporan dan metode.	studi tersebut anak usia 0-18 tahun yang tinggal di dataran tinggi		basis data utama (MEDLINE, EMBASE, Scielo) hingga Desember 2018. Kemudian, dua orang penelaah independen menyeleksi artikel-artikel tersebut dan mencatat data yang	Temuan paling relevan dari data adalah: SpO ₂ menurun seiring dengan peningkatan ketinggian. Pada dataran tinggi, SpO ₂ meningkat seiring bertambahnya usia anak. SpO ₂ lebih rendah saat tidur dan menyusui dibandingkan saat terjaga, kesenjangan SpO ₂ antara kondisi terjaga dan tidur lebih jelas pada bulan-bulan pertama kehidupan dan menyempit seiring bertambahnya usia. Dispersi SpO ₂ (variasi antar individu) lebih tinggi pada usia muda, terutama saat tidur. Pada 6 dari 20 studi, distribusi nilai SpO ₂ tidak normal dengan pola skew ke kiri yang konsisten.	Perbedaan yang signifikan antara kondisi terjaga dan tidur terlihat pada bulan-bulan pertama kehidupan, namun kesenjangan ini menyempit seiring bertambahnya usia bayi. Dispersi SpO ₂ di dataran tinggi lebih lebar pada usia yang lebih muda. Di dataran tinggi, distribusi SpO ₂ menunjukkan pola tidak	status aktivitas (bangun, tidur, menyusui), ketinggian lokasi tinggal, serta faktor etnis dan jenis kelamin. Nilai SpO ₂ cenderung lebih rendah pada ketinggian lebih besar, saat tidur, dan saat bayi menyusui atau menangis, dengan variasi yang cukup besar antar usia dan kelompok etnis.
--	--	---	--	--	---	---	--	--

					relevan untuk dianalisis lebih lanjut.		normal dengan kemencengan (skew) ke kiri; bias ini semakin jelas pada ketinggian yang lebih tinggi, pada usia yang lebih muda, dan selama tidur.	
13	Oxygen saturation reference ranges and factors affecting SpO ₂ among children living at altitude (Binene et al., 2021)	Gap dari penelitian ini adalah Kurangnya data longitudinal yang melacak lintasan perkembangan SpO ₂ dan aklimatisasi pada anak-anak yang tinggal di dataran tinggi, yang	266 anak sehat di bawah usia lima tahun yang tinggal di dataran tinggi sedang di Papua Nugini. Anak-	- Dependen: oxygen saturation dan - Independen: faktor yang memengaruhi SpO ₂ (usia,	- Pulse oximetry - Analisis regresi - Analisis sentil - Uji wilcoxon	Median saturasi oksigen (SpO ₂) anak-anak adalah 95% dengan rentang interkuartil (IQR) antara 93% hingga 97%, dan rentang normalnya berada di antara 89% hingga 99% (dari persentil ke-2,5 sampai ke-97,5). Analisis multivariat menunjukkan bahwa beberapa faktor dengan signifikansi menurunkan tingkat SpO ₂ , yaitu: Anak-anak yang lebih muda, Anak-anak yang orang tuanya merokok, Anak-	Penelitian ini berhasil menetapkan rentang referensi saturasi oksigen (SpO ₂) untuk anak-anak sehat di bawah usia lima tahun yang tinggal di dataran tinggi Papua Nugini (1810–2630	Terdapat tumpang tindih antara rentang normal yang ditemukan dalam penelitian ini dan ambang batas hipoksemia yang direkomendasikan WHO. Hal ini dapat menyebabkan

		membatasi pemahaman kita tentang dinamika fisiologis dari waktu ke waktu.	anak ini tinggal di ketinggian antara 1810 dan 2630 meter di atas permukaan laut dan diperiksa selama kunjungan ke klinik imunisasi.	keadaan tidur, kebiasaan merokok orang tua, penggunaan bilum, paparan asap dari api terbuka untuk memasak di dalam rumah)		anak saat sedang tidur, Bayi yang digendong dalam bilum (tas tradisional yang terbuat dari wol atau tali).	meter). Selain ketinggian, penelitian ini mengidentifikasi empat faktor independen lain yang secara signifikan berhubungan dengan tingkat SpO ₂ yang lebih rendah: Usia yang lebih muda, Dalam keadaan tidur, Orang tua yang merokok, Digendong dalam <i>bilum</i> (tas gendong tradisional).	misklasifikasi anak sehat sebagai penderita hipoksemia, yang berisiko menyebabkan rawat inap yang tidak perlu dan penggunaan sumber daya oksigen yang terbatas secara tidak tepat.
14	The Comparison of Hemoglobin	Penelitian ini menggunakan kriteria minimal	Metode yang digunakan	- Dependen: kadar hemo	- Easy Touch GCHb portabl	Penduduk dataran tinggi memiliki kadar hemoglobin lebih tinggi dengan nilai rata-rata 14,69 g/dL	Kadar hemoglobin, saturasi oksigen	Hasil SpO ₂ pada penelitian ini berlawanan

	Levels, Blood Oxygen Saturation, and Breaths Frequency on The Lowlander and Highlander (Bahri et al., 2022)	tinggal 6 bulan untuk kelompok dataran tinggi, yang secara fundamental kurang tepat karena mencampurkan adaptasi akut, sub-akut, dan kronis. Hal ini menimbulkan kebutuhan akan penelitian yang menggunakan kriteria inklusi lebih ketat, misalnya hanya melibatkan subjek yang lahir dan besar di dataran	purposive sampling, 42 orang dengan masing-masing kelompok 21 orang berusia 16-19 tahun	globin, saturasi oksigen, frekuensi napas - Independen : altititude	e hemoglobin tester - pulse oximeter - uji normalitas saphiro wilk test - uji homogenitas one way ANOVA - uji t-test - uji mann whitney	sedangkan penduduk di dataran rendah rata rata memiliki nilai kadar hemoglobin sebesar 13,14 g/dL. Saturasi oksigen darah penduduk dataran tinggi adalah 98,81% sedangkan rata-rata saturasi oksigen penduduk dataran rendah adalah 97,86. Rerata frekuensi nafas per-menit dari penduduk di daerah dataran tinggi adalah 17,38/menit sedangkan pada penduduk dataran rendah berada pada nilai 24,17/menit.	darah, dan frekuensi nafas per menit penduduk yang hidup di dataran rendah berbeda nyata dengan kadar hemoglobin, saturasi oksigen darah, dan frekuensi nafas per menit penduduk yang hidup di dataran tinggi. Penduduk dataran tinggi memiliki saturasi oksigen dan kadar hemoglobin lebih tinggi, sedangkan	dengan teori fisiologi dan sebagian besar jurnal terdahulu.
--	---	--	---	---	---	---	---	---

		tinggi atau yang telah menetap dalam jangka panjang (>2 tahun), agar gambaran fisiologis yang diperoleh benar-benar merepresentasikan adaptasi kronis terhadap hipoksia.					frekuensi nafas per menit lebih rendah dibandingkan dengan dataran rendah.	
15	Hubungan Antara Saturasi Oksigen Dengan Tingkat Vo2 Max Pada Siswa Sekolah Dasar di Dataran Tinggi Desa Belantih, Kintamani	Penelitian ini memiliki keterbatasan penting karena tidak melibatkan kelompok kontrol dari dataran rendah. Ketidadaan perbandingan ini menyebabkan	Sampel dalam penelitian ini adalah siswa sekolah dasar di dataran tinggi desa Belantih Kintamani yang	- Dependen: VO ₂ max - Independen: saturasi oksigen	- Pulse oximetry - Spirometry - Uji linearitas - Uji hipotesis (moment product	Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan uji linearitas SPSS pada siswa sekolah dasar kelas VI di dataran tinggi desa Belantih Kintamani Bangli dengan jumlah sampel penelitian sebanyak 55 sampel laki-laki dan perempuan dengan umur 11 - 13 tahun. Dalam penelitian ini	Dalam penelitian ini bahwa terdapat hubungan atau korelasi yang sedang antara saturasi oksigen dan tingkat VO ₂ max pada siswa sekolah	Penelitian ini memiliki kontribusi penting karena mengkaji hubungan fisiologis antara saturasi oksigen dan VO ₂ max pada anak-anak

	Bangli (Araujo Goncalves et al., 2023)	n hasil penelitian hanya bersifat deskriptif pada populasi lokal, sehingga sulit dipastikan apakah hubungan antara saturasi oksigen dan VO ₂ max yang ditemukan merupakan karakteristik khusus anak yang tinggal di dataran tinggi atau fenomena umum yang juga terjadi pada anak di dataran rendah.	berjumlah 55 anak yang terdiri dari 23 laki-laki dan 32 peremp uan dengan umur 11 – 13 tahun.		t pearso n)	didapatkan hasil nilai VO2 max pada sampel umur 11 tahun memiliki kategori kurang sekali 12 anak (22%), umur 12 tahun memiliki kategori kurang sekali 39 anak (71%) dan umur 13 tahun memiliki kategori kurang sekali 4 anak (7%). Untuk jenis kelamin, diketahui anak yang berjensi kelamin laki- laki memiliki kategori nilai VO2 max sebesar 23 anak (42%) dan yang berjenis kelamin perempuan sebanyak 32 anak (58%). Uji hipotesis Moment Product Pearson memiliki nilai signifikan $0,000 < 0,05$ dan dengan nilai interpretasi korelasi 0,460 yang masuk kategori sedang.	dasar di dataran tinggi desa Belantih Kintamani Bangli.	populasi usia sekolah dasar di dataran tinggi yang masih jarang diteliti.
--	---	---	---	--	-------------------	---	---	--

		Tanpa adanya kelompok kontrol, generalisasi hasil menjadi terbatas dan interpretasi terhadap pengaruh ketinggian terhadap kapasitas aerobik anak tidak dapat dilakukan secara komprehensif .						
16	Articles Effects of high altitude on respiratory rate and oxygen saturation reference values in healthy infants and	Penelitian ini mengidentifikasi masalah tetapi belum memberikan solusi akhir berupa angka panduan baru. Penelitian ini secara kuat	Sampel pada penelitian ini berjumlah 1570 bayi dan anak-anak yang sehat berusia	- Dependen: Laju pernapasan dan saturasi oksigen - Independen	- Pulse oximeter - Statistik deskriptif - Analisis regresi	Sebagai bentuk adaptasi fisiologis tubuh untuk mendapatkan lebih banyak oksigen dari udara yang lebih tipis, penelitian ini menemukan bahwa laju pernapasan rata-rata pada anak sehat meningkat secara signifikan seiring bertambahnya ketinggian, yang terbukti dari laju napas yang lebih tinggi	nilai referensi frekuensi napas dan saturasi oksigen pada anak-anak sehat berusia kurang dari 2 tahun bervariasi sesuai dengan	Penelitian ini membuktikan secara empiris bahwa pedoman WHO yang selama ini menjadi pilar diagnostik global memiliki

children younger than 2 years in four countries: a cross-sectional study (Crocker et al., 2020)	menunjukkan bahwa pedoman WHO tidak sesuai untuk dataran tinggi, tetapi peneliti menyatakan penelitian ini tidak sampai pada tahap merekomendasikan angka ambang batas baru yang definitif dan studi lebih lanjut di berbagai ketinggian diperlukan untuk memvalidasi serta merekomendasikan revisi penelitian ini.	0-23 bulan dari India (405), Guatemala (400), Rwanda (400), Peru (365). Sampel diambil menggunakan metode <i>community-based purposive sampling</i> .	: high altitude		dibandingkan dengan anak-anak di dataran rendah India, yakni 9.6 napas/menit di Guatemala, 12.1 di Rwanda, dan mencapai puncaknya 16.1 napas/menit lebih tinggi di dataran tinggi Peru. Sebaliknya, penelitian ini menunjukkan bahwa kadar saturasi oksigen dalam darah menurun secara signifikan seiring meningkatnya ketinggian, yang terlihat dari penurunan bertahap mulai dari 98.3% di dataran rendah India menjadi 97.3% di Guatemala dan 96.2% di Rwanda. Penurunan ini menjadi yang paling drastis dan signifikan secara klinis di dataran tinggi Peru, di mana nilai rata-rata SpO ₂ anjlok hingga 89.7%, sebuah angka yang sudah berada di bawah ambang batas kondisi hipoksemia (SpO ₂ < 90%) yang ditetapkan oleh WHO.	ketinggian tempat tinggalnya. Anak-anak yang tinggal di ketinggian yang lebih tinggi menunjukkan penyesuaian fisiologis dengan frekuensi napas yang sedikit lebih tinggi dan saturasi oksigen yang lebih rendah dibandingkan dengan anak-anak di dataran rendah. Oleh karena itu, nilai ambang batas standar WHO untuk diagnosis pneumonia dan evaluasi	keterbatasan signifikan dan tidak bisa diterapkan secara universal, terutama di wilayah dataran tinggi karena guideline WHO dibuat berdasarkan data anak di dataran rendah.
---	---	---	-----------------	--	---	---	---

							saturasi oksigen yang berlaku di dataran rendah tidak selalu tepat jika diterapkan di daerah ketinggian tinggi. Hasil ini penting untuk menyesuaikan pedoman klinis dalam menangani anak-anak di berbagai ketinggian guna menghindari kesalahan diagnosis dan pengobatan.	
17	Quantitative descriptive study of oxygen saturation in	Sampel diambil dari satu wilayah geografis yang sangat	Sampel pada penelitian ini 151 wanita	- Dependen: saturasi	- Pulse oximeter - Statistik	Rata-rata SpO ₂ untuk mereka yang tinggal di ketinggian 2819-3499 mdpl adalah 93,72%, dan antara 3500-4200 mdpl adalah	Penduduk menunjukkan saturasi yang lebih rendah di dataran	Penelitian ini fokus pada wanita dan secara khusus

	women living at altitudes greater than 2800 M.A.S.L. Huancavelica Peru (Cárdenas-Pineda et al., 2023)	spesifik (Huancavelica, Peru). Maka dari itu hasilnya tidak dapat secara langsung digeneralisasikan ke populasi wanita di wilayah dataran tinggi lainnya di dunia, yang mungkin memiliki adaptasi genetik atau gaya hidup yang berbeda.	sehat usia subur, berusia 18 hingga 49 tahun.	oksigen - Independen : altitudes	deskriptif - Uji t-test	90,85%; SpO ₂ minimum masing-masing adalah 85% dan 83%, sedangkan SpO ₂ maksimum adalah 99% di kedua lantai ketinggian. Berdasarkan usia, 92,91% berusia antara 18 dan 19 tahun, 93,09% berusia antara 20 dan 34 tahun, dan 91,74% berusia antara 35 dan 49 tahun. Rata-rata SpO ₂ untuk wanita hamil adalah 92,29% dan pada wanita tidak hamil 92,67%, SpO ₂ minimum masing-masing adalah 88% dan 83%, sedangkan nilai maksimum sama pada kedua kelompok, yaitu 99%.	tinggi, dan diamati menurun setelah usia 35 tahun, tidak ditemukan perbedaan antara wanita hamil dan tidak hamil.	menyertakan wanita hamil yang mana kelompok ini sering diabaikan dalam penelitian medis karena dianggap rumit, padahal justru merekalah yang paling membutuhkan data akurat untuk pemantauan kesehatan.
18	Normative values of oxygen saturation by pulse oximetry (SpO ₂) in	Penelitian ini hanya dilakukan di wilayah dataran rendah (62 m di atas	1.057 anak sehat usia 1 bulan sampai 14	- Dependen: saturasi oksigen	- Pulse oximeter - Analisis deskriptif	Median (IQR) saturasi oksigen pada populasi sampel adalah 99,7% (99–100). Nilai persentil ke-2,5; ke-5; ke-25; dan ke-75 masing-masing adalah 97,7%; 98%; 99%; dan	Penelitian ini menetapkan rentang acuan normal kadar saturasi oksigen	Penelitian ini menentukan persentil ke-2,5 yaitu sebesar 97,7% sebagai

	apparently healthy children from Eastern India – A cross-sectional study (Chada et al., 2024)	permukaan laut) tanpa melibatkan kelompok pembanding dari dataran tinggi. Akibatnya, variabilitas SpO ₂ yang disebabkan oleh perbedaan tekanan atmosfer atau ketinggian tempat tidak dapat diidentifikasi, sehingga nilai normatif yang diperoleh tidak mencerminkan kondisi fisiologis anak-anak di ketinggian berbeda.	tahun, di Bhubaneswar, Odisha, India (ketinggian ~62 m di atas permukaan laut)	- Independen : umur dan jenis kelamin	- Uji Mann-Whitney U - Uji Kruskal-Wallis	100%. Median SpO ₂ dan nilai persentilnya dihitung untuk setiap kelompok usia. Nilai SpO ₂ persentil ke-2,5 pada kelompok usia bayi adalah 96,4%. Tidak ditemukan perbedaan bermakna nilai SpO ₂ berdasarkan usia maupun jenis kelamin.	(SpO ₂) pada anak-anak yang tampak sehat dari wilayah India bagian timur yang terletak pada ketinggian 62 meter (204 kaki) di atas permukaan laut.	batas bawah nilai normal SpO ₂ pada anak sehat.
--	---	---	--	---------------------------------------	--	--	--	--

19	The Use of Pulse Oximetry in the Assessment of Acclimatization to High Altitude (Dünnwald et al., 2021)	Meskipun penelitian ini memberikan tinjauan menyeluruh mengenai penggunaan pulse oximetry dalam menilai proses aklimatisasi di daerah ketinggian, penelitian ini masih memiliki sejumlah keterbatasan yang menimbulkan celah (gap) penelitian. Studi ini bersifat tinjauan literatur sehingga tidak menyajikan	30 studi	- Dependen: SpO₂, detak jantung, AMS - Independen: ketinggian dan waktu paparan di ketinggian	- Ekstra data - Identifikasi pola dan tema - Sintesis naratif	Temuan yang disajikan dari tinjauan pustaka ini mengonfirmasi adanya variasi yang cukup besar pada hasil pengukuran <i>pulse oximetry</i> (SpO ₂ dan Detak Jantung/HR) selama paparan akut dan proses aklimatisasi di dataran tinggi. Variasi ini berkaitan dengan beragamnya kondisi antar penelitian yang telah disebutkan sebelumnya. Ternyata, kadar SpO ₂ secara khusus menurun saat paparan akut terhadap ketinggian/hipoksia dan pulih sebagian selama proses aklimatisasi, dengan tren yang berlawanan terjadi pada Detak Jantung (HR). Lebih lanjut, timbulnya penyakit gunung akut (AMS) secara konsisten berhubungan dengan nilai SpO ₂ yang lebih rendah dibandingkan dengan individu yang tidak mengalami AMS.	Penggunaan <i>pulse oximetry</i> jari di dataran tinggi dianggap sebagai alat yang berharga dalam mengevaluasi aklimatisasi individu terhadap dataran tinggi, tetapi juga untuk memantau perkembangan AMS (Penyakit Gunung Akut) dan efektivitas pengobatan.	Penelitian ini menjelaskan cara menggunakan pulse oximetry yang baik dan benar meliputi hal yang harus dipersiapkan, proses, dan waktu pengukuran.
----	---	--	----------	---	---	--	--	--

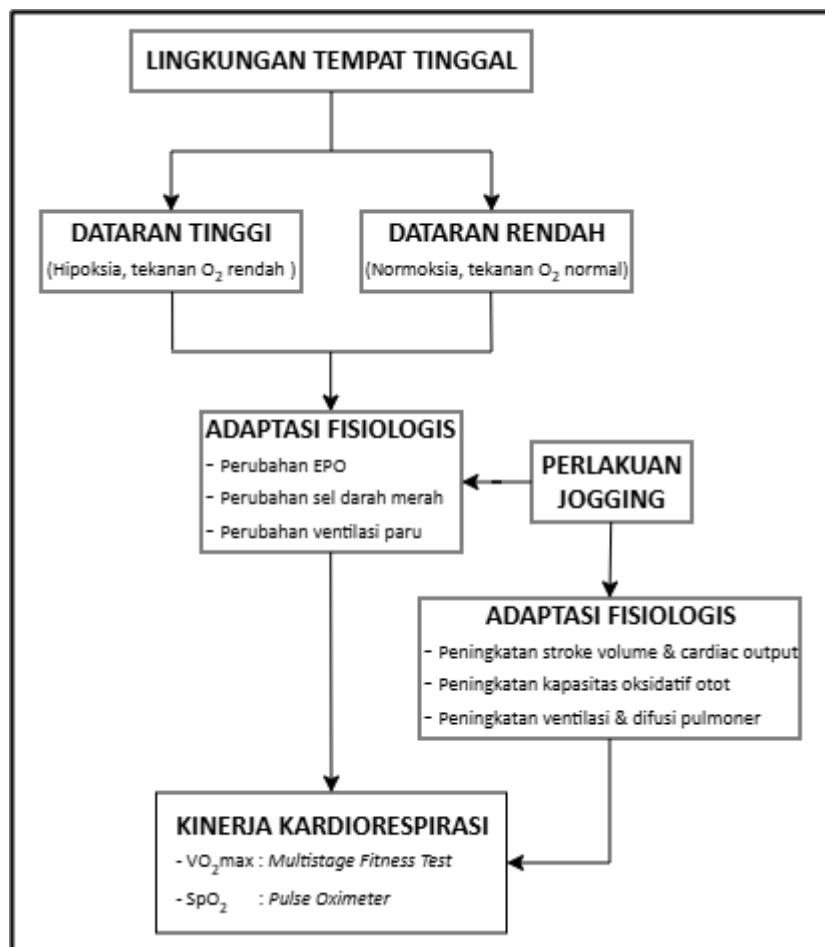
		data empiris langsung untuk membandingkan nilai saturasi oksigen antar populasi atau kondisi lingkungan yang berbeda. Selain itu, belum terdapat standar baku mengenai protokol pengukuran SpO₂ di ketinggian, termasuk waktu, posisi tubuh, serta kondisi lingkungan saat pengukuran dilakukan.						
--	--	--	--	--	--	--	--	--

20	Physiological Responses at Rest and Exercise to High Altitude in Lowland Children and Adolescents (Lang et al., 2021)	Salah satu kesenjangan metodologis yang signifikan dalam penelitian Morin Lang adalah ketiadaan kelompok pembandingan yang esensial, yaitu anak-anak pribumi yang lahir dan dibesarkan di dataran tinggi. Dengan hanya berfokus pada respons fisiologis anak-anak dari dataran rendah, penelitian ini	42 orang anak-anak dan remaja penduduk dataran rendah berusia 11-15 tahun.	- Dependen: saturasi oksigen, detak jantung, tekanan darah - Independen: ketinggian dan BMI	- Pulse oximeter - Heart rate monitor - Sphygmomanometer digital - Analisis deskriptif - Paired t-test - ANOVA repeated measures.	Hasil penelitian ini menyajikan perbandingan data fisiologis antara kondisi di permukaan laut (SL) dan setelah paparan akut di dataran tinggi (HA): Tingkat saturasi oksigen arteri para peserta secara signifikan lebih rendah di dataran tinggi (HA), baik saat istirahat maupun setelah tes submaximal, dibandingkan dengan di permukaan laut (SL) ($p < 0.001$), Detak jantung, laju pernapasan, dan tekanan darah diastolik saat istirahat menunjukkan nilai yang secara signifikan lebih tinggi di dataran tinggi (HA) ($p < 0.01$), Nilai detak jantung, tekanan darah diastolik, dan tingkat sesak napas (dyspnea) meningkat sebelum, selama, dan setelah berolahraga di dataran tinggi (HA) ($p < 0.01$), Performa latihan submaximal (diukur dengan six-minute walking	Paparan akut terhadap dataran tinggi (HA) pada anak-anak dan remaja menyebabkan peningkatan pada parameter kardiorespirasi basal (seperti detak jantung dan laju napas) dan penurunan pada saturasi oksigen arteri. Selain itu, parameter-parameter kardiorespirasi ini juga meningkat saat melakukan latihan submaximal	Penelitian ini memberikan data spesifik tentang bagaimana fase pertama aklimatisasi ini terjadi pada populasi anak-anak dan remaja, sebuah kelompok usia yang datanya masih terbatas. Penelitian ini mengonfirmasi bahwa meskipun ada stres fisiologis yang jelas, tubuh anak-anak mampu memulai proses adaptasi ini dengan
----	---	---	--	--	--	--	--	---

		hanya mampu menggambarkan satu sisi dari adaptasi manusia terhadap hipoksia: proses aklimatisasi jangka pendek. Padahal, perbandingan langsung dengan anak-anak pribumi dataran tinggi akan memberikan wawasan yang tak ternilai. Anak-anak ini bukan sekadar beraklimatisasi; mereka telah melalui proses				test) secara signifikan menurun di dataran tinggi (HA) ($p < 0.001$), Tingkat kejadian <i>Acute Mountain Sickness</i> (AMS) di dataran tinggi (HA) berkisar antara 9.5% hingga 19%, dengan gejala ringan hingga sedang.	di dataran tinggi. Pada akhirnya, gejala AMS yang ringan hingga sedang pada ketinggian 3330 meter dan respons kardiovaskular yang adekuat terhadap latihan submaximal tidak menjadi kontraindikasi (tidak melarang) bagi anak-anak dan remaja untuk naik ke ketinggian tersebut, setidaknya untuk periode waktu yang terbatas.	respons yang umumnya adekuat dan aman untuk pendakian jangka pendek.
--	--	---	--	--	--	--	---	---

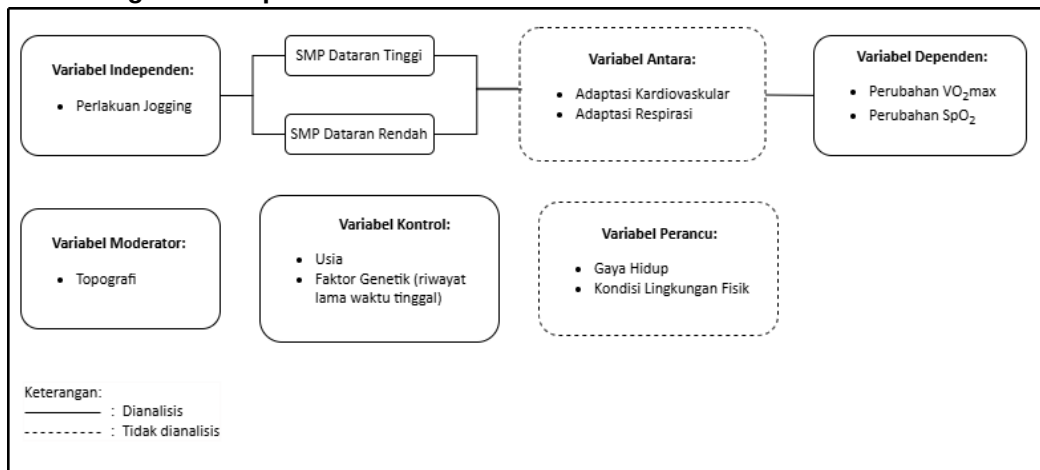
		adaptasi perkembangan dan bahkan evolusioner selama beberapa generasi, yang membuat fisiologi mereka secara inheren lebih efisien dalam memanfaatkan oksigen yang terbatas.						
--	--	---	--	--	--	--	--	--

1.6 Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

1.7 Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

1.8 Hipotesis Penelitian

1.8.1 Hipotesis Nol (H_0)

- Tidak terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.
- Tidak terdapat perbedaan perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.

1.8.2 Hipotesis Alternatif (H_a)

- Terdapat pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.
- Terdapat perbedaan perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada kelompok remaja dataran rendah dan dataran tinggi.

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain kuasi-eksperimental yang bersifat komparatif dan dianalisis secara inferensial. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada remaja, serta membandingkan besarnya perubahan antara remaja yang tinggal di dataran tinggi dan dataran rendah. Data yang diperoleh berupa hasil pengukuran numerik dan dianalisis menggunakan statistik inferensial untuk menguji hipotesis, sehingga memungkinkan penarikan kesimpulan yang berlaku bagi populasi berdasarkan sampel yang diteliti. Rancangan penelitian yang digunakan adalah *pretest–posttest control group design*, yaitu pengukuran $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 dilakukan sebelum dan sesudah pemberian *jogging*, sehingga perubahan fisiologis akibat intervensi dapat dibandingkan secara objektif antara kedua kelompok.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMPN 2 Tombolopao dan SMPN 12 Makassar pada bulan November 2025.

2.3 Populasi dan Sampel

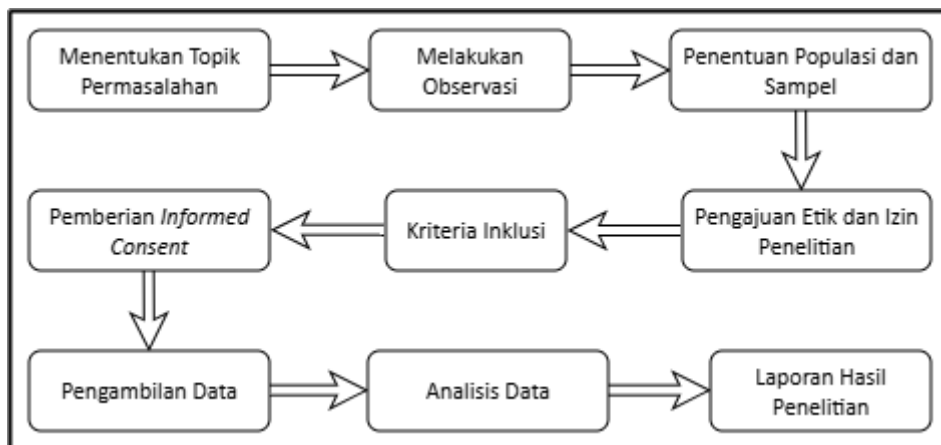
2.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa SMPN 12 Makassar dan SMPN 2 Tombolopao, dengan jumlah keseluruhan sebanyak 1.252 siswa. SMPN 12 Makassar memiliki 1.108 siswa yang terdiri dari 518 laki-laki dan 590 perempuan, sedangkan SMPN 2 Tombolopao memiliki 144 siswa dengan 73 laki-laki dan 71 perempuan.

2.3.2 Sampel

Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Stratified Purposive Sampling*, yaitu metode di mana populasi dibagi menjadi beberapa strata berdasarkan karakteristik tertentu dan sampel dipilih secara purposif sesuai kriteria penelitian. Adapun kriteria inklusi yang digunakan meliputi: siswa laki-laki berusia 12–15 tahun, sehat secara fisik, tidak memiliki riwayat gangguan pernapasan atau penyakit kronis, tinggal di daerah tersebut dalam waktu yang lama, memiliki nilai IMT normal serta bersedia mengikuti seluruh tahapan pengukuran penelitian. Sementara itu, kriteria eksklusi meliputi siswa yang sedang sakit pada saat pengambilan data dan tidak mengikuti kegiatan olahraga rutin di sekolah. Jumlah sampel ditetapkan oleh peneliti sebanyak 61 responden, dengan pembagian masing-masing 30 siswa berasal dari wilayah dataran tinggi dan 31 remaja dari dataran rendah. Penentuan jumlah sampel ini dilakukan dengan mempertimbangkan kesetaraan jumlah antar kelompok untuk memudahkan proses perbandingan hasil penelitian serta berdasarkan ketersediaan subjek yang memenuhi kriteria penelitian.

2.4 Alur Penelitian



Gambar 3. Alur Penelitian

2.5 Variabel Penelitian

2.5.1 Identifikasi Variabel

Variabel pada penelitian ini terdiri dari variabel independen (variabel bebas), variabel dependen (variabel terkait) dan variabel moderator, yaitu sebagai berikut:

- Variable independen : *Jogging*
- Variabel dependen : $VO_2\text{max}$ dan SpO_2
- Variabel moderator : Topografi

2.5.2 Definisi Operasional

Tabel 2. Definisi Operasional

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Satuan Ukur / Skala
<i>Jogging</i>	Aktivitas fisik intensitas sedang yang dilakukan secara teratur untuk meningkatkan kebugaran	<i>Stopwatch</i>	Menit. Skala rasio.

	kardiovaskular remaja. Dalam penelitian ini, <i>jogging</i> dilakukan 45 menit per sesi, 3 kali dalam satu minggu, dengan intensitas sedang, jarak sejauh 4,5km dan diawasi peneliti, bertujuan meningkatkan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 .		
Volume Oksigen Maksimal ($VO_2\text{max}$)	Kemampuan maksimal tubuh untuk menggunakan oksigen selama aktivitas fisik intensitas tinggi, mencerminkan kapasitas aerobik dan kebugaran kardiorespirasi.	<i>Multistage Fitness Test (Bleep Test)</i>	Mililiter oksigen per kilogram berat badan per menit (ml/kg/menit). Skala rasio.
Saturasi Oksigen Perifer (SpO_2)	Persentase hemoglobin dalam darah yang terikat oksigen, mencerminkan efisiensi transport oksigen dalam tubuh.	<i>Pulse Oximeter</i>	Persentase (%). Skala rasio.
Topografi	Ketinggian wilayah tempat siswa berdomisili dan bersekolah.	Data geografis / koordinat lokasi	Kategori (tinggi / rendah). Skala

- Dataran tinggi: $\geq$ 1500 meter di atas permukaan laut (mdpl).	sekolah (Google Earth / BMKG)	nominal.
- Dataran rendah: < 1500 mdpl.		

2.6 Prosedur Penelitian

2.6.1 Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, terdiri dari :

1. *Informed Consent*
2. Formulir data diri
3. Alat tulis
4. *Pulse Oximeter*
5. *Multistage Fitness Test (Bleep Test) audio*
6. *Cones* / tanda garis
7. Meteran
8. *Speaker*
9. Tabel konversi skor *Bleep Test*
10. Timbangan berat badan
11. Stadiometer
12. *Stopwatch*

2.6.2 Prosedur Pelaksanaan

Adapun prosedur penelitian ini, yaitu :

1. Peneliti melakukan pengurusan surat izin etik penelitian dan izin penelitian.
2. Peneliti memberikan penjelasan terkait mekanisme serta tujuan pengukuran kepada responden.
3. Memilih subjek berdasarkan kriteria inklusi.
4. Meminta responden untuk menandatangani *informed consent*, sebagai bukti persetujuan dilakukan pengukuran.
5. Responden mengisi formulir identitas diri.
6. Tahap *Pretest* (Sebelum *Jogging*):
 - Pengukuran SpO_2 :
 - a. Pastikan ruangan tenang, suhu nyaman, dan pencahayaan cukup.
 - b. Pastikan tangan dalam keadaan hangat, bersih, dan kering.
 - c. Lepas cat kuku, perhiasan, atau gelang dari tangan yang akan diukur (biasanya jari telunjuk atau tengah tangan kanan).
 - d. Posisikan responden duduk dengan punggung bersandar, tangan diletakkan rileks di atas meja atau paha (tidak menggantung).

- e. Jepitkan *probe* pada ujung jari telunjuk tangan kanan (atau kiri jika kanan sulit).
 - f. Pastikan jari masuk sepenuhnya ke dalam penjepit, dan sensor menempel tepat di permukaan kuku.
 - g. Responden diminta diam dan tidak berbicara selama pengukuran.
 - h. Nyalakan alat dan amati angka SpO_2 (%) tunggu hingga angka stabil selama 30–60 detik lalu catat hasil pengukuran.
- Pengukuran $VO_2\text{max}$:
 - a. Berat badan dan tinggi badan responden diukur menggunakan timbangan dan stadiometer untuk perhitungan $VO_2\text{max}$.
 - b. Siswa diarahkan melakukan pemanasan ringan selama 5–10 menit (jalan di tempat dan peregangan dinamis).
 - c. Peneliti menjelaskan aturan *Bleep Test*
 - d. Tes dimulai dengan audio *Bleep Test* yang diputar melalui *speaker*.
 - e. Setelah subjek tidak mampu mengikuti kecepatan bunyi, level terakhir yang dicapai dicatat dan skor dikonversi ke nilai $VO_2\text{max}$ (ml/kg/menit) menggunakan tabel standar.
 - f. Setelah tes, siswa melakukan pendinginan selama ± 5 menit.
7. Tahap *Jogging*:
Responden mengikuti program *jogging* terkontrol, yang dilakukan 45 menit per sesi, 3 kali dalam satu minggu dengan intensitas sedang dan jarak sejauh 4,5 km serta diawasi peneliti.
8. Tahap *Posttest* (Setelah *Jogging*):
Lakukan pengukuran SpO_2 dan $VO_2\text{max}$ menggunakan prosedur yang sama seperti *pretest* dan catat perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 masing-masing subjek sebelum dan sesudah untuk dianalisis secara statistik.

2.7 Pengelolaan dan Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara kuantitatif menggunakan program SPSS. Analisis data dilakukan melalui dua tahap, yaitu analisis univariat dan analisis bivariat. Analisis univariat digunakan untuk menggambarkan karakteristik responden dan hasil pengukuran $VO_2\text{max}$ serta SpO_2 , yang disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi, nilai rata-rata, dan simpangan baku. Selanjutnya dilakukan analisis bivariat untuk menguji pengaruh *jogging* terhadap perubahan $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 pada masing-masing kelompok remaja di dataran tinggi dan dataran rendah, serta untuk membandingkan besarnya perubahan antara kedua kelompok. Perubahan nilai $VO_2\text{max}$ dan SpO_2 dihitung dengan mengurangi nilai *posttest* dengan *pretest* untuk masing-masing subjek. Sebelum uji hipotesis dilakukan, data diuji normalitasnya dengan *Shapiro–Wilk test*. Pengaruh *jogging* dalam tiap kelompok dianalisis menggunakan *Wilcoxon signed-rank test* karena data tidak berdistribusi normal. Untuk menguji perbandingan, dilakukan uji *Mann–Whitney U Test*. Taraf signifikansi yang digunakan adalah 0,05 dengan kriteria $p < 0,05$

menunjukkan adanya pengaruh atau perbedaan yang signifikan antara kedua kelompok.

2.8 Masalah Etika

Penelitian ini memperhatikan prinsip-prinsip etika karena melibatkan manusia sebagai subjek. Aspek etika penting untuk menjamin bahwa proses penelitian dilakukan secara aman, sukarela, serta menghormati hak dan martabat peserta. Selain itu, penerapan etika juga memastikan bahwa data diperoleh secara jujur dan bertanggung jawab, terutama karena subjek penelitian merupakan siswa yang memerlukan perlindungan khusus. Adapun aspek etika yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

2.8.1 Lembar Persetujuan (*Informed Consent*)

Lembar persetujuan diserahkan kepada responden yang menjadi partisipan penelitian. Apabila responden setuju untuk ikut serta, mereka diwajibkan menandatangani lembar persetujuan yang telah disediakan sebagai bentuk persetujuan resmi. Penandatanganan ini menandakan bahwa responden memahami tujuan, prosedur, dan hak mereka dalam penelitian.

2.8.2 Tanpa Nama (*Anonymity*)

Peneliti menjaga anonimitas responden dengan memberikan kode unik pada setiap data, sehingga identitas peserta tidak tercantum dalam laporan atau publikasi. Informasi pribadi hanya digunakan untuk kepentingan penelitian dan disimpan secara terpisah dari data hasil pengukuran, sehingga tidak dapat dihubungkan langsung ke peserta. Dengan demikian, hak privasi peserta tetap terlindungi sepanjang penelitian.

2.8.3 Kerahasiaan (*Confidentiality*)

Peneliti menjamin kerahasiaan data peserta dengan menyimpan seluruh informasi hasil pengukuran secara tertutup dan hanya dapat diakses oleh tim penelitian. Data yang dipublikasikan atau dilaporkan bersifat agregat atau anonim, sehingga identitas peserta tidak dapat diketahui pihak lain.

2.8.4 Izin Etik (*Ethical Clearance*)

Penelitian ini dilaksanakan setelah memperoleh persetujuan etik dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Keperawatan Universitas Hasanuddin dengan nomor 1079/UN4.18.3/TP.01.02/2025, yang memastikan seluruh prosedur penelitian telah memenuhi standar etika penelitian manusia, termasuk perlindungan hak, keselamatan, dan kesejahteraan peserta.