PENGARUH *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP PENINGKATAN VO_2MAX PADA CALON TARUNA

PROPOSAL SKRIPSI

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

Muhammad Rilo Pambudi, 030002300125

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN
FAKULTAS KEDOKTERAN
UNIVERSITAS TRISAKTI

JAKARTA, JULI 2026

Bidang Ilmu: Pendidikan Kedokteran

PROPOSAL SKRIPSI

PENGARUH *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP PENINGKATAN VO_2MAX PADA CALON TARUNA

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

Muhammad Rilo Pambudi, 030002300125

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS TRISAKTI

JAKARTA, JULI 2026

PERSETUJUAN

Proposal Skripsi

PENGARUH *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP PENINGKATAN VO_2MAX PADA CALON TARUNA

Muhammad Rilo Pambudi

NIM 030002300125

Telah disetujui untuk diuji di hadapan

Tim Penguji Proposal Skripsi

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari....., Tanggal..... 2026

Pembimbing

dr. Nuryani Sidarta, Sp.KFR

PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI

Judul:

PENGARUH *HIGH INTENSITY INTERVAL TRAINING* TERHADAP PENINGKATAN VO_2MAX PADA CALON TARUNA

Muhammad Rilo Pambudi

030002300125

Telah diuji dan disahkan di hadapan **Dewan Penguji Proposal Skripsi**

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari....., Tanggal.....2026

Ketua Penguji

Nama : ……

NIK :

Anggota Penguji I

Nama : ……

NIK :

Anggota Penguji II

Nama : ……

NIK :

Jakarta,..... 20……

Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Dr.dr. Yenny, Sp.FK

NIK: 2613/USAKTI

PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Rilo Pambudi
NIM	: 030002300125
Program Studi	: Pendidikan Dokter
Alamat Korespondensi	: Jl. Antonov M-14 RT009/RW04
Telepon / Mobile	: 081511566820
Email	: 030002300125@std.trisakti.ac.id
Judul skripsi	: Pengaruh *High Intensity Interval Training* Terhadap Peningkatan VO_2max Pada Calon Taruna

Dengan ini menyatakan bahwa proposal skripsi yang saya tulis ini adalah benar-benar merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri. Proposal skripsi ini belum pernah di ajukan sebagai suatu karya ilmiah untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan proposal skirpsi ini merupakan hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan SK Permendiknas No.17 tahun 2010 tentang pencegahan dan penanggulangan plagiat di perguruan tinggi

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya, agar dapat dimanfaatkan sebagaimana mestinya.

Jakarta,.....2026



Muhammad Rilo Pambudi

030002300125

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI DAN DEKAN iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN x

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar belakang 1
1.2 Perumusan masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.3.1 Tujuan umum 3
1.3.2 Tujuan khusus 3
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat 3

BAB II TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI 5
2.1 Tinjauan pustaka 5
2.1.1 Kebugaran jasmani 5
2.1.1.1 Definisi kebugaran jasmani 5
2.1.1.2 Komponen kebugaran jasmani 5
2.1.2 Daya tahan kardiorespirasi 6
2.1.2.1 Definisi daya tahan kardiorespirasi 6
2.1.2.2 Faktor yang memengaruhi daya tahan kardiorespirasi 7
2.1.3 VO_2max 8
2.1.3.1 Definisi VO_2max 8
2.1.3.2 Prinsip fisiologis VO_2max 8
2.1.3.3 Faktor yang memengaruhi VO_2max 8

2.1.3.4 Metode pengukuran VO_2max 10
2.1.3.5 Validitas dan reliabilitas *beep test*..... 11
2.1.4 Latihan fisik 13
2.1.4.1 Prinsip latihan fisik..... 13
2.1.4.2 Jenis - jenis latihan fisik 14
2.1.5 *High Intensity Interval Training* (HIIT) 15
2.1.5.1 Definisi HIIT..... 15
2.1.5.2 Komponen HIIT..... 16
2.1.5.3 Jenis - jenis HIIT..... 18
2.1.6 Adaptasi fisiologis terhadap HIIT 20
2.1.6.1 Adaptasi pada sistem kardiovaskular 20
2.1.6.2 Adaptasi pada sistem respirasi 21
2.1.6.3 Adaptasi pada sistem otot rangka..... 21
2.1.6.4 Adaptasi pada sistem metabolik..... 22
2.1.6.5 Adaptasi pada sistem endokrin..... 22
2.1.6.6 Adaptasi pada tingkat seluler..... 22
2.1.7 Hubungan HIIT dengan peningkatan VO_2max 23
2.2 Ringkasan pustaka 25
2.3 Kerangka teori..... 26

BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL 27
3.1 Kerangka konsep 27
3.2 Variabel..... 27
3.2.1 Variabel bebas..... 27
3.2.2 Variabel terikat..... 27
3.3 Definisi operasional 28

BAB IV METODE 29
4.1 Desain 29
4.2 Lokasi dan waktu..... 29
4.3 Populasi dan subjek..... 29
4.3.1 Populasi 29

4.3.1.1 Populasi target 29
4.3.1.2 Populasi terjangkau 30
4.3.2 Subjek 30
4.3.2.1 Kriteria pemilihan subjek 30
4.3.2.2 Perhitungan jumlah subjek 31
4.4 Bahan dan instrumen 32
4.4.1 Bahan 32
4.4.2 Instrumen 32
4.5 Pelaksanaan intervensi HIIT 33
4.6 Analisis statistik 33
4.6.1 Analisis univariat 34
4.6.2 Analisis bivariat 34
4.7 Alur kerja penelitian 35
4.8 Etika penelitian 36
4.9 Penjadwalan penelitian 36
REFERENSI 37
LAMPIRAN 41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Ringkasan pustaka 25
Tabel 2. Definisi operasional 28
Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian 36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka teori..... 26
Gambar 2. Kerangka konsep..... 27
Gambar 3. Alur kerja..... 35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dummy table 41
Lampiran 2. Alat dan bahan..... 42
Lampiran 3. Ilustrasi Beep test..... 42
Lampiran 4. Lembar informed consent 43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Calon taruna merupakan individu yang mempersiapkan diri untuk mengikuti proses seleksi masuk institusi pendidikan kedinasan atau kemiliteran yang mensyaratkan tingkat kebugaran jasmani tertentu sebagai bagian dari tahapan seleksi. Salah satu komponen kebugaran jasmani yang berperan penting dalam menunjang keberhasilan proses tersebut adalah kapasitas aerobik.[1] Komponen ini berkaitan dengan kemampuan sistem kardiorespirasi dalam memenuhi kebutuhan oksigen jaringan selama aktivitas berlangsung, sehingga berkaitan dengan performa individu dalam menjalani berbagai rangkaian tes fisik.[1,2]

Dalam pelaksanaan seleksi, tes kesamaptaan jasmani umumnya meliputi uji kemampuan fisik seperti lari 12 menit, *push-up*, *sit-up*, *pull-up*, dan *shuttle run*.[3] Komponen lari menjadi indikator utama daya tahan kardiorespirasi karena menilai kemampuan tubuh mempertahankan aktivitas intensitas sedang hingga tinggi dalam durasi tertentu.[1] Kemampuan tersebut berkaitan dengan efisiensi tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik berlangsung.[1,2]

Kemampuan tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan oksigen tersebut secara fisiologis dapat direpresentasikan melalui nilai VO_2max, yaitu kapasitas maksimal tubuh dalam menggunakan oksigen selama aktivitas fisik intensitas sedang hingga tinggi.[1,2] Parameter ini berhubungan dengan daya tahan kardiorespirasi dalam mempertahankan kerja otot secara berkelanjutan.[1] Menurut beberapa penelitian, VO_2max yang rendah berkaitan dengan peningkatan kelelahan saat melakukan aktivitas fisik berulang.[4] Hal ini berpotensi mempengaruhi performa fisik individu dalam pelaksanaan tes kesamaptaan jasmani yang menjadi bagian dari tahapan seleksi calon taruna.[4]

VO_2max dipengaruhi oleh beberapa faktor fisiologis yang berperan dalam sistem transportasi dan pemanfaatan oksigen, seperti curah jantung, volume sekuncup, distribusi aliran darah ke jaringan otot, jumlah kapiler otot, serta kapasitas metabolisme seluler melalui aktivitas mitokondria.[1,2] Faktor-faktor tersebut dapat mengalami adaptasi sebagai respons terhadap latihan fisik yang dilakukan secara teratur dengan intensitas tertentu dalam periode waktu tertentu.[5,6]

Berbagai jenis latihan fisik dapat digunakan untuk menstimulasi adaptasi fisiologis tersebut, seperti latihan aerobik kontinu intensitas sedang, latihan sirkuit, latihan kecepatan bervariasi, maupun latihan interval.[7] Salah satu metode latihan lain yang dapat digunakan adalah *High Intensity Interval Training* (HIIT), yaitu metode latihan yang mengombinasikan aktivitas fisik berintensitas tinggi dengan periode pemulihan dalam satu siklus latihan.[6,8]

HIIT memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan latihan aerobik kontinu intensitas sedang, terutama dalam efisiensi waktu latihan dan kemampuan menghasilkan stimulus fisiologis yang lebih besar terhadap sistem kardiovaskular dan metabolisme otot.[6,8] Metode latihan ini dilaporkan mampu meningkatkan fungsi sistem kardiovaskular serta efisiensi metabolisme otot melalui peningkatan perfusi jaringan dan aktivitas enzim oksidatif pada serabut otot rangka.[5,6] Adaptasi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tubuh dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.[5,6]

Efektivitas HIIT dalam meningkatkan kapasitas aerobik dipengaruhi oleh pengaturan komponen latihan yang meliputi intensitas, durasi, frekuensi, serta rasio kerja dan istirahat selama pelaksanaan latihan.[8] Kombinasi komponen latihan tersebut menentukan besarnya stimulus fisiologis yang diterima oleh sistem kardiorespirasi dan jaringan otot, sehingga berperan dalam proses adaptasi yang berhubungan dengan peningkatan VO_2max.[8,9] Dengan demikian, pengaturan komponen latihan HIIT menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan peningkatan kapasitas aerobik.

Penelitian yang melaporkan efektivitas HIIT dalam meningkatkan VO_2max telah banyak, tetapi sebagian besar populasi penelitian masih terbatas pada kelompok atlet.[10,11] Penelitian mengenai penerapan HIIT pada calon taruna, khususnya di Indonesia, juga masih terbatas, terutama terkait efektivitas pengaturan komponen latihan dalam meningkatkan VO_2max. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh pemberian HIIT terhadap peningkatan VO_2max pada calon taruna sebagai upaya mendukung kesiapan fisik dalam menghadapi tes kesamaptaan jasmani.

1.2 Perumusan masalah

Apakah terdapat pengaruh HIIT terhadap peningkatan VO_2max pada calon taruna?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan umum

Untuk meningkatkan kebugaran kardiorespirasi calon taruna sebagai indikator penerimaan seleksi.

1.3.2 Tujuan khusus

- Untuk mengetahui profil nilai VO_2max pada semua calon taruna sebelum pemberian HIIT.
- Untuk mengetahui perubahan nilai VO_2max sebelum dan sesudah pemberian HIIT pada kelompok intervensi.
- Untuk mengetahui perbedaan perubahan nilai VO_2max antara kelompok intervensi yang diberikan HIIT dan kelompok kontrol.

1.4 Hipotesis

High Intensity Interval Training (HIIT) berpengaruh terhadap peningkatan VO_2max pada calon taruna.

1.5 Manfaat

- Bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Memberikan informasi ilmiah mengenai pengaruh metode HIIT terhadap peningkatan VO_2max sebagai indikator kebugaran kardiorespirasi.

- Bagi profesi/institusi

Menjadi bahan pertimbangan dalam penyusunan program latihan fisik bagi calon taruna untuk meningkatkan kesiapan fisik sebelum mengikuti tahapan seleksi pendidikan kedinasan.

- Bagi Masyarakat

Memberikan informasi mengenai metode latihan fisik yang dapat digunakan meningkatkan kebugaran kardiorespirasi melalui peningkatan VO_2max.

BAB II

TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Kebugaran jasmani

2.1.1.1 Definisi kebugaran jasmani

Kebugaran jasmani merupakan kemampuan individu untuk melakukan aktivitas fisik sehari-hari secara efektif dan efisien tanpa mengalami kelelahan berlebihan, serta tetap memiliki cadangan energi untuk menjalankan aktivitas lain. [7] Kebugaran jasmani mencerminkan berbagai sistem tubuh, terutama sistem kardiovaskular, respirasi, dan muskuloskeletal yang bekerja secara terintegrasi selama aktivitas fisik.[1,2]

Tingkat kebugaran jasmani yang baik memungkinkan seseorang mempertahankan aktivitas fisik intensitas tinggi dengan waktu yang lebih lama dan meningkatkan efisiensi penggunaan energi selama aktivitas berlangsung.[7] Selain berperan terhadap performa fisik, kebugaran jasmani juga menjadi indikator status kesehatan secara umum.[1] Beberapa penelitian menunjukkan bahwa individu dengan tingkat kebugaran jasmani yang baik diketahui memiliki risiko yang lebih rendah terhadap berbagai penyakit kronis, seperti penyakit kardiovaskular, obesitas, dan gangguan metabolik.[4]

2.1.1.2 Komponen kebugaran jasmani

Sebagai suatu konsep multidimensional, kebugaran jasmani tersusun atas beberapa komponen yang merepresentasikan kemampuan fisik individu dalam melakukan aktivitas fisik sehari-hari maupun aktivitas olahraga.[7] Komponen utama kebugaran jasmani meliputi daya tahan kardiorespirasi, kekuatan otot, daya tahan otot, fleksibilitas, serta komposisi tubuh.[1,7]

Daya tahan kardiorespirasi merupakan kemampuan sistem kardiovaskular dan respirasi untuk menyuplai oksigen ke jaringan tubuh selama aktivitas fisik yang berlangsung secara terus-menerus.[2] Komponen

ini sering digunakan sebagai indikator kebugaran jasmani karena berkaitan erat dengan kapasitas tubuh dalam menghasilkan energi melalui metabolisme aerobik.[1]

Selain daya tahan kardiorespirasi, kebugaran jasmani dipengaruhi oleh kemampuan sistem muskuloskeletal.[2,7] Komponen kekuatan otot didefinisikan sebagai kemampuan otot untuk menghasilkan gaya maksimal dalam satu kali kontraksi.[7] Sementara itu, komponen daya tahan otot merupakan kemampuan otot untuk melakukan kontraksi secara berulang dalam jangka waktu tertentu tanpa kelelahan yang cepat.[2,7]

Komponen lainnya, yaitu fleksibilitas, berkaitan dengan kemampuan sendi beserta jaringan di sekitarnya untuk bergerak dalam rentang gerak maksimal.[2,7] Komponen terakhir, yaitu komposisi tubuh menggambarkan proporsi relatif antara massa lemak tubuh dan massa bebas lemak tubuh yang keduanya mencerminkan keseimbangan komponen penyusun tubuh secara keseluruhan.[2,7]

2.1.2 Daya tahan kardiorespirasi

2.1.2.1 Definisi daya tahan kardiorespirasi

Daya tahan kardiorespirasi adalah kemampuan sistem kardiovaskular dan sistem respirasi dalam menyuplai oksigen secara efektif kepada jaringan tubuh, terutama otot yang bekerja selama aktivitas fisik yang berlangsung dalam waktu relatif lama.[1,2] Kemampuan ini mencerminkan integritas fungsi jantung, paru – paru, pembuluh darah, serta otot rangka dalam proses transportasi, distribusi, dan pemanfaatan oksigen untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan selama aktivitas fisik berkelanjutan.[1,2]

Daya tahan kardiorespirasi sering dianggap sebagai salah satu komponen terpenting dari kebugaran jasmani karena berhubungan erat dengan kemampuan seseorang dalam melakukan aktivitas sehari – hari maupun aktivitas olahraga tanpa mengalami kelelahan berlebihan.[1,2] Individu dengan tingkat daya tahan kardiorespirasi yang baik mampu

mempertahankan aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga tinggi dalam durasi yang lebih lama dibandingkan individu dengan tingkat daya tahan yang rendah.[1] Sebaliknya, rendahnya daya tahan kardiorespirasi dapat menyebabkan penurunan kapasitas kerja fisik, munculnya kelelahan lebih cepat, serta berkurangnya efisiensi tubuh dalam melakukan aktivitas.[4]

2.1.2.2 Faktor yang memengaruhi daya tahan kardiorespirasi

Beberapa faktor diketahui memengaruhi daya tahan kardiorespirasi seseorang. Faktor tersebut meliputi usia, jenis kelamin, tingkat aktivitas fisik, komposisi tubuh, serta tingkat latihan fisik yang dilakukan secara rutin.[1,4]

Usia merupakan salah satu faktor yang berperan dalam menentukan kapasitas kardiorespirasi.[4] Seiring bertambahnya usia, terjadi berbagai perubahan fisiologis pada sistem kardiovaskular dan respirasi yang dapat menyebabkan penurunan kemampuan tubuh dalam mendistribusikan serta menggunakan oksigen secara optimal.[4] Kondisi tersebut pada akhirnya berkontribusi terhadap penurunan daya tahan kardiorespirasi.

Selain usia, jenis kelamin juga diketahui memengaruhi kapasitas kardiorespirasi individu.[4] Secara umum, laki-laki cenderung memiliki kapasitas kardiorespirasi yang lebih tinggi dibandingkan perempuan.[4] Perbedaan ini berkaitan dengan karakteristik fisiologis, seperti massa otot yang lebih besar, kadar hemoglobin yang lebih tinggi, serta kapasitas transpor oksigen yang lebih baik.[2,4]

Di samping faktor biologis, faktor perilaku juga memiliki peranan penting terhadap daya tahan kardiorespirasi. Tingkat aktivitas fisik yang tinggi dan latihan fisik yang dilakukan secara teratur dapat meningkatkan kapasitas kardiorespirasi melalui berbagai adaptasi fisiologis pada sistem kardiovaskular, respirasi, dan jaringan otot.[9] Adaptasi tersebut meliputi peningkatan efisiensi kerja jantung, kapasitas ventilasi paru, serta kemampuan jaringan otot dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.[2,5]

2.1.3 VO_2max

2.1.3.1 Definisi VO_2max

VO_2max merupakan jumlah maksimal oksigen yang dapat digunakan oleh tubuh selama aktivitas fisik dengan intensitas maksimal.[2] Nilai VO_2max digunakan sebagai indikator kapasitas aerobik serta kemampuan sistem kardiorespirasi dalam menyediakan oksigen ke jaringan tubuh selama aktivitas fisik.[2,4]

Nilai VO_2max biasanya dinyatakan dalam satuan mililiter oksigen per kilogram berat badan per menit (mL/kgBB/menit).[9] Semakin tinggi nilai VO_2max seseorang, semakin baik kemampuan tubuh dalam mengangkut dan menggunakan oksigen selama aktivitas fisik.

2.1.3.2 Prinsip fisiologis VO_2max

Secara fisiologis, konsumsi oksigen maksimal dijelaskan melalui prinsip Fick, yang menyatakan bahwa konsumsi oksigen tubuh merupakan hasil perkalian antara curah jantung dengan perbedaan kandungan oksigen antara darah arteri dan vena.[2]

Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$VO_2 = Q \times (a\text{-}vO_2 \textit{ difference})$$

di mana Q merupakan *cardiac output*, sedangkan a-vO_2 *difference* merupakan perbedaan kandungan oksigen antara darah arteri dan vena. Berdasarkan prinsip ini, peningkatan VO_2max dapat terjadi melalui peningkatan curah jantung maupun peningkatan kemampuan jaringan otot dalam mengekstraksi oksigen dari darah.[2]

2.1.3.3 Faktor yang memengaruhi VO_2max

Nilai VO_2max dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis dan nonfisiologis yang berperan dalam proses transportasi serta pemanfaatan

oksigen selama aktivitas fisik.[2,4] Faktor – faktor tersebut meliputi tingkat aktivitas fisik, usia, jenis kelamin, komposisi tubuh, fungsi sistem kardiorespirasi, dan faktor genetic.[8]

Tingkat aktivitas fisik merupakan salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap nilai VO_2max.[1,4] Individu yang rutin melakukan latihan aerobik atau aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga tinggi cenderung memiliki nilai VO_2max yang lebih tinggi dibandingkan individu yang kurang aktif.[6,8,9] Aktivitas fisik yang dilakukan secara teratur dapat meningkatkan curah jantung, volume sekuncup, densitas kapiler otot, serta jumlah dan fungsi mitokondria sehingga kemampuan tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan oksigen menjadi lebih optimal.[10–12] Oleh karena itu, peningkatan aktivitas fisik melalui program latihan seperti HIIT dapat memberikan peningkatan yang signifikan terhadap VO_2max

Komposisi tubuh juga berperan dalam meningkatkan nilai VO_2max.[4] Presentase lemak tubuh yang tinggi dapat menurunkan nilai VO_2max relatif karena meningkatkan massa tubuh yang tidak berkontribusi secara langsung terhadap penggunaan oksigen selama aktivitas fisik.[4] Sebaliknya, massa otot yang lebih besar dapat meningkatkan kapasitas metabolisme aerobik karena jaringan otot lokasi utama penggunaan oksigen untuk menghasilkan energi.

Usia merupakan faktor lain yang memengaruhi VO_2max.[1] Nilai VO_2max umumnya mencapai puncak pada usia dewasa muda kemudian mengalami penurunan secara bertahap seiring bertambahnya usia.[2,4] Penurunan ini berkaitan dengan berkurangnya denyut jantung maksimal, penurunan massa otot, berkurangnya fungsi mitokondria, serta menurunnya kemampuan sistem kardiovaskular dalam mendistribusikan oksigen ke jaringan tubuh.[4]

Jenis kelamin juga memengaruhi kapasitas VO_2max.[4] Secara umum laki-laki memiliki nilai VO_2max lebih tinggi dibandingkan perempuan karena memiliki ukuran jantung yang lebih besar, kadar hemoglobin yang lebih tinggi, serta persentase massa otot yang lebih besar.[4] Sebaliknya perempuan

cenderung memiliki persentase lemak tubuh yang lebih tinggi sehingga dapat memengaruhi kapasitas aerobik relatif.

Selain itu, faktor genetik diketahui berkontribusi terhadap variasi nilai VO_2max antarindividu.[1] Faktor genetik dapat memengaruhi ukuran dan fungsi jantung, kapasitas paru, jumlah serabut otot tipe I, kepadatan kapiler, fungsi mitokondria, hingga respons adaptasi tubuh terhadap latihan fisik.[1,2] Individu dengan variasi gen tertentu dapat memiliki kemampuan yang lebih baik dalam meningkatkan VO_2max setelah menjalani program latihan dibandingkan individu lainnya.[2,5,9] Namun demikian, aktivitas fisik dan latihan tetap menjadi faktor yang dapat dimodifikasi dan memiliki peran penting dalam meningkatkan kapasitas aerobik seseorang.

2.1.3.4 Metode pengukuran VO_2max

Pengukuran VO_2max dapat dilakukan dengan berbagai metode yang secara umum dapat dibedakan berdasarkan tempat pelaksanaannya, yaitu metode laboratorium dan metode lapangan. Pembagian ini berkaitan dengan tingkat akurasi, kebutuhan alat, serta kemudahan pelaksanaan.

a) Metode laboratorium

Metode laboratorium merupakan metode pengukuran VO_2max yang dilakukan dalam kondisi terkontrol dengan menggunakan peralatan khusus. Pengukuran ini umumnya menggunakan alat analisis gas (*metabolic cart*) untuk mengukur konsumsi oksigen secara langsung.[13]

Pemeriksaan dilakukan dengan aktivitas fisik yang meningkat secara bertahap menggunakan *treadmill* atau *cycle ergometer* hingga subjek mencapai kelelahan maksimal. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi karena mengukur konsumsi oksigen secara langsung.

Namun, metode laboratorium memiliki keterbatasan, antara lain membutuhkan biaya tinggi, peralatan khusus, serta tenaga terlatih, sehingga kurang praktis untuk digunakan pada penelitian dengan jumlah sampel yang besar.

b) Metode lapangan

Metode lapangan adalah metode pengukuran VO_2max yang dilakukan di luar laboratorium dengan menggunakan prosedur yang paling sederhana. Metode ini tidak megukur konsumsi oksigen secara langsung, melainkan memperkirakan VO_2max berdasarkan performa fisik selama aktivitas tertentu. Beberapa metode lapangan yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

1. Cooper test (lari 12 menit)

Cooper test dilakukan dengan cara berlari selama 12 menit untuk menempuh jarak sejauh mungkin. Jarak yang dicapai kemudian digunakan untuk memperkirakan VO_2max menggunakan rumus tertentu. Metode ini sederhana dan mudah dilakukan, tetapi sangat bergantung pada motivasi dan *pacing* subjek selama berlari.[14,15]

2. Rockport walking test

Rockport test dilakukan dengan berjalan sejauh 1 mil (±1,6 km) secepat mungkin tanpa berlari. Setelah tes ini selesai, denyut jantung dan waktu tempuh digunakan untuk menghitung VO_2max. Metode ini lebih ringan dibandingkan tes lari sehingga cocok untuk individu dengan tingkat kebugaran rendah.[15]

3. *Multistage fitness test (beep test)*

Beep test dilakukan dengan berlari bolak-balik sejauh 20 meter mengikuti irama bunyi "*beep"* yang semakin cepat. Intensitas meningkat secara bertahap hingga subjek tidak mampu mengikuti kecepatan. Level terakhir yang dicapai digunakan untuk memperkirakan VO_2max. Metode ini banyak digunakan karena praktis, efisien, dan dapat menguji banyak subjek sekaligus.[11,14]

2.1.3.5 Validitas dan reliabilitas *beep test*

- Validitas *beep test*

Validitas menunjukan sejauh mana suatu alat ukur mampu mengukur apa yang seharusnya diukur. Pada *beep test*, validitas dinilai dengan membandingkan hasil esitmasi VO_2max dari tes tersebut dengan hasil

pengukuran VO_2max secara langsung menggunkan analisis gas di laboratorium.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *beep test* memiliki korelasi yang kuat dengan pengukuran VO_2max secara langsung, dengan nilai koefisien korelasi berkisar antara r = 0,80 – 0,90.[10,16] Hal ini menunjukan bahwa *beep test* memiliki kemampuan yang baik dalam merepresentasikan kapasitas aerobik individu.

Validitas *beep test* dipengaruhi oleh sifat tes yang bersifat progresif, di mana kecepatan lari meningkat secara bertahap hingga mendekati kapasitas maksimal indvidu. Kondisi ini menyebabkan sistem kardiorespirasi bekerja secara optimal, sehingga respons tubuh yang dihasilkan mendekati saat pengukuran VO_2max secara langsung.

Namun, validitas *beep test* dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang sudah disampaikan sebelumnya, seperti motivasi subjek, kemampuan *pacing*, serta kondisi lapangan saat pelaksanaan tes.

- Reliabilitas *beep test*

Reliabilitas menunjukkan konsistensi hasil pengukuran apabila tes dilakukan berulang dalam kondisi yang sama. *Beep test* memiliki tingkat reliabilitas yang tinggi dan telah banyak digunakan untuk mengestimasi kapasitas aerobik pada berbagai kelompok populasi.[14,16]

Tingginya reliabilitas *beep test* disebabkan oleh prosedur pelaksanaan yang terstandardisasi, meliputi jarak lintasan yang tetap (20 meter), pola peningkatan kecepatan terprogram, serta penggunaan sinyal suara sebagai panduan tempo lari. Standarisasi ini meminimalkan variasi antara pengukuran sehingga hasil yang diperoleh cenderung konsisten.

Meskipun demikian, reliabilitas dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi fisik subjek, kelelahan, waktu pelaksaan tes, serta kondisi lingkungan. Oleh karena itu, untuk memperoleh hasil yang konsisten, pelaksanaan tes perlu dilakukan dengan prosedur yang sama, termasuk waktu, tempat, dan instruksi kepada subjek.

2.1.4 Latihan fisik

2.1.4.1 Prinsip latihan fisik

Latihan fisik merupakan aktivitas fisik yang dilakukan secara terencana, terstruktur, sistematis, dan berulang dengan tujuan meningkatkan atau mempertahankan kebugaran jasmani, kesehatan, serta kemampuan fungsional tubuh.(7) Agar latihan memberikan adaptasi fisiologis yang optimal, penyusunan program latihan harus memperhatikan beberapa prinsip dasar latihan fisik. Prinsip - prinsip tersebut menjadi landasan menunjukkan jenis, intensitas, frekuensi, durasi, dan volume latihan sesuai dengan tujuan yang dicapai.

Prinsip pertama adalah *overload*, yaitu pemberian beban latihan yang lebih besar dibandingkan aktivitas sehari-hari sehingga tubuh memperoleh stimulus untuk beradaptasi. Penerapan *overload* dapat dilakukan melalui peningkatan intensitas, durasi, frekuensi, atau volume latihan secara bertahap sesuai kemampuan individu.(7)

Prinsip berikutnya adalah spesifitas, yaitu adaptasi tubuh yang terjadi sesuai dengan jenis latihan yang dilakukan. Setiap jenis latihan menghasilkan respons fisiologis yang berbeda sesuai sistem tubuh yang dominan digunakan selama latihan. Latihan aerobik cenderung meningkatkan fungsi kardiorespirasi dan kapasitas oksidatif otot, sedangkan latihan resistensi lebih berfokus pada peningkatan kekuatan dan hipertrofi otot.(7)

Prinsip progesivitas menyatakan bahwa beban latihan harus ditingkatkan secara bertahap seiring meningkatnya kemampuan tubuh. Tubuh yang telah beradaptasi terhadap suatu stimulus latihan akan memerlukan beban yang lebih tinggi untuk menghasilkan adaptasi lanjutan. Peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan menambah intensitas, durasi, frekuensi, maupun kompleksitas latihan secara bertahap agar peningkatan performa tetap berlangsung dan risiko cedera dapat diminimalkan.(7)

Selain itu terdapat prinsip individualitas yang menjelaskan bahwa setiap individu memiliki respons latihan yang berbeda. Faktor usia, jenis

kelamin, tingkat kebugaran awal, status kesehatan, komposisi tubuh, serta faktor genetik dapat memengaruhi besarnya adaptasi yang terjadi akibat latihan.(7)

Prinsip lain yang penting adalah reversibilitas. Prinsip ini menyatakan bahwa adaptasi yang diperoleh melalui latihan dapat berkurang atau hilang apabila latihan dihentikan dalam jangka waktu tertentu.(7)

Prinsip pemulihan juga memiliki peranan penting dalam program latihan fisik. Setelah menerima beban latihan, tubuh memerlukan waktu untuk perbaikan jaringan, mengembalikan cadangan energi, dan membentuk adaptasi fisiologis. Pemulihan yang tidak adekuat dapat menyebabkan kelelahan berkepanjangan, penurunan performa, bahkan meningkatkan risiko cedera.(7)

2.1.4.2 Jenis - jenis latihan fisik

Latihan fisik dapat diklasifikasikan berdasarkan sistem energi yang dominan digunakan dan tujuan adaptasi fisiologis yang ingin dicapai. Secara umum, latihan fisik dibedakan menjadi latihan aerobik, latihan anaerobik, latihan resistensi, latihan fleksibilitas, dan latihan interval.(2) Masing – masing jenis latihan memiliki karakteristik, intensitas, durasi, serta respons fisiologis yang berbeda sehingga memberikan manfaat yang berbeda pula terhadap kebugaran jasmani dan performa fisik individu.

Latihan aerobik merupakan jenis latihan yang menggunakan oksigen sebagai sumber utama dalam proses produksi energi.(2) Latihan ini umumnya dilakukan dengan intensitas rendah hingga dalam durasi yang relatif panjang dan melibatkan otot besar secara berkelanjutan. Latihan aerobik diketahui dapat meningkatkan fungsi kardiovaskular dan respirasi melalui peningkatan curah jantung, volume sekuncup, densitas kapiler otot, serta kapasitas oksidatif mitokondria.

Latihan anerobik merupakan latihan yang mengandalkan sistem energi tanpa keterlibatan oksigen secara dominan dalam menghasilkan energi.(2) Jenis latihan ini biasanya dilakukan dengan intensitas tinggi dan durasi yang relatif singkat. Latihan anaerobik berperan dalam meningkatkan

kekuatan, kecepatan, dan daya ledak, serta kemampuan tubuh dalam mentoleransi akumulasi laktat selama aktivitas fisik intensitas tinggi.

Selain itu, terdapat latihan resistensi yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan, daya tahan, dan massa otot.[2] Latihan resistensi dilakukan dengan memberikan beban pada otot melalui penggunaan alat, beban besi, mesin latihan, maupun berat badan sendiri. Adaptasi yang dihasilkan meliputi peningkatan ukuran serabut otot, peningkatan rekrutmen unit motorik, serta peningkatan kemampuan otot dalam menghasilkan gaya.

Jenis latihan lainnya adalah fleksibilitas yang bertujuan untuk meningkatkan rentang gerak sendi dan elastisitas jaringan lunak di sekitar sendi.[2] Latihan fleksibilitas umumnya dilakukan melalui berbagai bentuk peregangan, baik statis maupun dinamis. Fleksibilitas yang baik dapat membantu meningkatkan efisiensi gerakan, memperbaiki postur tubuh, serta mengurangi risiko cedera selama melakukan aktivitas fisik maupun olahraga.

Salah satu metode latihan yang saat ini banyak digunakan dalam peningkatan kebugaran jasmani adalah latihan interval. Latihan interval merupakan metode latihan yang mengombinasikan periode kerja dan periode pemulihan secara bergantian dalam satu sesi latihan.

2.1.5 *High Intensity Interval Training* (HIIT)

2.1.5.1 Definisi HIIT

HIIT adalah metode latihan yang melibatkan aktivitas fisik dengan intensitas tinggi yang diselingi dengan periode pemulihan atau istirahat dalam satu siklus latihan.[6,8,9] Latihan ini ini dirancang untuk memberikan stimulus fisiologis yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat.

HIIT banyak digunakan dalam program latihan karena terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas kardiorespirasi, metabolisme energi, serta performa fisik dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan latihan aerobik konvensional.[8,12]

2.1.5.2 Komponen HIIT

Efektivitas HIIT dalam meningkatkan kapasitas aerobik dipengaruhi oleh beberapa komponen utama latihan, yaitu intensitas, durasi interval kerja, frekuensi latihan, serta rasio antara kerja dan istirahat.[6,8,9] Kombinasi komponen tersebut menentukan besarnya stimulus fisiologis yang diterima oleh sistem kardiorespirasi dan jaringan otot sehingga berperan dalam proses adaptasi tubuh terhadap latihan.

a) Intensitas latihan

Intensitas merupakan komponen utama dalam metode HIIT karena latihan ini dirancang untuk dilakukan pada intensitas tinggi. Pada umumnya, intensitas HIIT berada pada 85-95% denyut jantung maksimal (HRmax) atau mendekati kapasitas aerobik maksimal.[17]

Latihan dengan intensitas tinggi menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen secara signifikan sehingga merangsang peningkatan aktivitas sistem kardiovaskular.[6] Kondisi ini meningkatkan curah jantung, meningkatkan aliran darah menuju jaringan otot, serta meningkatkan ekstraksi oksigen oleh jaringan otot.

Intensitas latihan yang tinggi meningkatkan stress metabolik pada sel otot yang memicu berbagai respons adaptasi fisiologis seperti peningkatan aktivitas enzim oksidatif dan peningkatan jumlah mitokondria.[5] Adaptasi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kapasitas aerobik dan nilai VO_2max.

b) Durasi interval kerja

Durasi interval kerja dalam HIIT biasanya berada pada rentang 1-4 menit pada intensitas tinggi.[6,8,18] Interval kerja dengan durasi tersebut memungkinkan sistem energi aerobik dan anaerobik bekerja secara bersamaan sehingga meningkatkan kebutuhan oksigen jaringan serta meningkatkan aktivitas metabolisme energi pada sel otot. Durasi interval kerja sekitar 3-4 menit dianggap efektif untuk meningkatkan kapasitas aerobik karena waktu tersebut untuk mencapai kondisi mendekati VO_2max selama latihan.[9,17]

c) Frekuensi latihan

Frekuensi latihan mengacu pada jumlah sesi latihan yang dilakukan dalam 1 minggu. Pada program HIIT yang bertujuan meningkatkan kapasitas aerobik, frekuensi latihan yang umum digunakan adalah 2-3 kali per minggu.[17,19–21]

Pelaksanaan latihan dengan frekuensi tersebut memberikan waktu pemulihan yang cukup bagi tubuh melakukan proses adaptasi fisiologis setelah latihan intensitas tinggi. Frekuensi latihan yang terlalu sering tanpa pemulihan yang adekuat dapat meningkatkan risiko kelelahan dengan cedera.

d) Durasi program latihan

Durasi program HIIT yang efektif untuk meningkatkan VO_2max umumnya berkisar antara 4-8 minggu.[12,17,20,22] Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan VO_2max sudah dapat terlihat setelah 6 minggu HIIT yang dilakukan secara teratur.[17]

Program latihan yang berlangsung selama beberapa minggu memungkinkan terjadinya adaptasi fisiologis pada sistem kardiorespirasi, serta jaringan otot rangka yang berperan dalam peningkatan kapasitas aerobik.

e) Rasio kerja dan istirahat

Rasio antara periode kerja dan periode istirahat merupakan komponen penting dalam metode HIIT karena memengaruhi kemampuan individu dalam mempertahankan intensitas latihan pada setiap interval.

Secara umum, terdapat berbagai rasio kerja dan istirahat sering digunakan dalam latihan interval. Salah satu rasio yang digunakan adalah rasio 1:1, yaitu durasi interval kerja sama dengan durasi periode pemulihan.[12] Rasio ini banyak diterapkan pada latihan interval yang bertujuan meningkatkan kapasitas aerobik karena memungkinkan individu mempertahankan intensitas latihan yang tinggi pada setiap interval kerja.[12] Dengan waktu pemulihan yang seimbang, tubuh memiliki kesempatan untuk melakukan pemulihan sebagian terhadap sistem energi sehingga peserta

latihan tetap mampu mempertahankan kualitas latihan pada interval berikutnya.[12]

Selain itu, terdapat rasio 1:2, yaitu waktu pemulihan lebih panjang dibandingkan waktu kerja. Rasio ini umumnya digunakan pada latihan dengan intensitas yang sangat tinggi, seperti *sprint interval training*.[12] Waktu pemulihan yang lebih lama diperlukan untuk memungkinkan pemulihan sistem energi, terutama sistem fosfogen dan glikolitik, sehingga individu dapat kembali melakukan interval berikutnya dengan intensitas maksimal.

2.1.5.3 Jenis - jenis HIIT

a) *Sprint Interval Training* (SIT)

SIT merupakan bentuk latihan inteval dilakukan dengan intensitas maksimal atau supramaksimal dalam durasi yang relatif singkat. Pada metode ini, aktivitas sprint biasanya dilakukan selama 20-30 detik yang kemudian diikuti oleh periode pemulihan yang lebih panjang.[21]

SIT memberikan stimulus yang besar terhadap sistem energi anerobik karena aktivitas sprint yang dilakukan dengan intensitas sangat tinggi menyebabkan peningkatan penggunaan fosfokreatin dan glikolisis anaerobik.[21] Selain itu, latihan ini juga dapat meningkatkan aktivitas enzim metabolik pada jaringan otot serta meningkatkan kemampuan otot dalam menghasilkan energi secara cepat. Adaptasi tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kekuatan otot, kecepatan, serta kapasitas anerobik.

b) Tabata *training*

Tabata *training* merupakan salah satu bentuk latihan interval intensitas tinggi yang dikembangkan oleh peneliti Jepang Izumi Tabata.[23] Metode ini terdiri dari interval kerja selama 20 detik dengan intensitas tinggi yang diikuti oleh periode istirahat selama 10 detik.[23] Latihan tersebut dilakukan secara berulang selama delapan siklus sehingga total durasi latihan sekitar empat menit.[23]

Tabata *training* memberikan stimulus metabolik yang tinggi karena waktu pemulihan yang sangat singkat dibandingkan dengan waktu kerja.

Kondisi ini menyebabkan peningkatan kebutuhan oksigen yang signifikan selama latihan serta meningkatkan akumulasi metabolit dalam jaringan otot. Adaptasi fisiologis yang terjadi akibat latihan ini meliputi peningkatan kapasitas aerobik dan anaerobik secara bersamaan, peningkatan aktivitas enzim oksidatif, serta peningkatan kemampuan otot dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.[23] Selain itu, metode ini juga dikenal efisien dari segi waktu karena dapat memberikan stimulus latihan yang besar dalam durasi yang relatif singkat.

c) Long Interval Training

Long interval training merupakan bentuk latihan interval yang menggunakan durasi interval kerja yang lebih panjang dibandingkan dengan metode HIIT lainnya.[21] Pada metode ini, interval kerja biasanya berlangsung selama sekitar 2-4 menit dengan intensitas tinggi yang mendekati kapasitas aerobik maksimal.[21] Interval kerja tersebut kemudian diikuti oleh periode pemulihan dengan rasio kerja dan istirahat yang umumnya berkisar antara 1:1 atau 1:2.[21]

Durasi interval kerja yang lebih panjang pada metode ini memungkinkan individu mencapai kondisi mendekati kapasitas konsumsi oksigen maksimal selama latihan. Hal tersebut menyebabkan peningkatan aktivitas sistem kardiovaskular dan sistem respirasi secara signifikan. Adaptasi yang terjadi meliputi peningkatan curah jantung, peningkatan volume sekuncup, peningkatan kapilarisasi pada jaringan otot, serta peningkatan jumlah dan fungsi mitokondria dalam sel otot rangka. Perubahan fisiologis tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan tubuh dalam mengangkut dan memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik sehingga dapat meningkatkan nilai VO_2max.

Metode *long interval training* sering digunakan dalam latihan lari jarak menengah hingga jarak jauh karena memberikan stimulus yang efektif terhadap sistem energi aerobik. Selain itu, metode ini relatif lebih mudah diterapkan dalam bentuk latihan lapangan seperti lari interval dengan jarak

tertentu, misalnya interval lari 400 meter yang dilakukan secara berulang dengan periode pemulihan di antara setiap interval.[18]

2.1.6 Adaptasi fisiologis terhadap HIIT

HIIT merupakan bentuk bentuk latihan fisik dengan intensitas tinggi yang dapat menimbulkan stres fisiologis pada tubuh. Stres tersebut memicu berbagai respons adaptasi yang terjadi secara bertahap mulai dari sistem organ, jaringan, hingga tingkat seluler. Adaptasi ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan tubuh dalam memenuhi kebutuhan oksigen dan energi selama aktivitas fisik dengan intensitas tinggi.

Salah satu indikator utama dari peningkatan kapasitas aerobik adalah nilai VO_2max. Secara fisiologis, VO_2max ditentukan oleh kemampuan sistem kardiovaskular dalam mengalirkan oksigen ke jaringan serta kemampuan jaringan otot dalam mengekstraksi dan menggunakan oksigen.

HIIT memberikan stimulus terhadap berbagai sistem organ tubuh yang berperan dalam proses transpor dan pemanfaatan oksigen. Adaptasi tersebut tidak hanya terjadi pada sistem kardiovaskular dan respirasi, tetapi melibatkan sistem otot rangka, sistem metabolik, dan sistem endokrin.

2.1.6.1 Adaptasi pada sistem kardiovaskular

HIIT memberikan kerja yang tinggi pada sistem kardiovaskular karena selama aktivitas fisik terjadi peningkatan kebutuhan oksigen pada jaringan otot. Kondisi ini menyebabkan jantung meningkatkan curah jantung untuk mempertahankan suplai oksigen yang adekuat ke jaringan tubuh.

Adaptasi utama yang terjadi adalah peningkatan volume sekuncup, yaitu jumlah darah yang dipompa oleh ventrikel pada setiap kontraksi. Peningkatan volume sekuncup terjadi akibat peningkatan kemampuan pengisian ventrikel selama fase diastolik serta peningkatan kontraktilitas otot jantung.[24,25] Peningkatan volume sekuncup menyebabkan peningkatan curah jantung, sehingga distribusi oksigen ke jaringan otot menjadi lebih efektif selama aktivitas fisik.[24] HIIT juga meningkatkan fungsi endotel pembuluh darah melalui peningkatan produksi nitrit oxide yang berperan dalam proses

vasodilatasi.[24,26] Vasodilatasi meningkatkan aliran darah menuju jaringan otot sehingga meningkatkan suplai oksigen dan nutrisi selama aktivitas fisik.

2.1.6.2 Adaptasi pada sistem respirasi

Sistem respirasi berperan dalam pertukaran gas antara udara dan darah. Selama HIIT, kebutuhan oksigen tubuh meningkat secara signifikan sehingga peningkatan ventilasi paru. Adaptasi yang terjadi pada sistem respirasi adalah peningkatan kapasitas ventilasi paru serta peningkatan efisiensi pertukaran gas di alveolus.[24]

HIIT juga meningkatkan kekuatan otot pernapasan seperti diafragma dan otot interkostal sehingga proses ventilasi menjadi lebih efisien.[24] Peningkatan ventilasi paru memungkinkan tubuh mengambil oksigen dalam jumlah yang lebih besar selama aktivitas fisik dengan intensitas tinggi.

2.1.6.3 Adaptasi pada sistem otot rangka

Jaringan otot rangka merupakan salah satu jaringan yang mengalami adaptasi signifikan terhadap latihan HIIT. Aktivitas fisik dengan intensitas tinggi menyebabkan peningkatan kebutuhan energi pada sel otot sehingga merangsang berbagai perubahan struktural dan metabolik.[27,28]

HIIT dapat meningkatkan jumlah dan ukuran mitokondria pada sel otot.[27] Mitokondria merupakan organel yang berperan dalam proses produksi energi melalui metabolisme aerobik.[27,28] Peningkatan jumlah mitokondria meningkatkan kemampuan sel otot dalam menghasilkan energi melalui oksidasi substrat energi.

Selain itu, HIIT juga dapat meningkatkan kepadatan kapiler pada jaringan otot.[27] Peningkatan jumlah kapiler meningkatkan distribusi oksigen dari darah ke sel otot sehingga meningkatkan kemampuan otot dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.[27,28]

2.1.6.4 Adaptasi pada sistem metabolik

HIIT dapat memengaruhi sistem metabolisme tubuh, terutama dalam proses penggunaan substrat energi. Selama aktivitas dengan intensitas tinggi, tubuh menggunakan kombinasi sistem energi aerobik dan anaerobik untuk memenuhi kebutuhan energi.[29]

Adaptasi metabolik yang terjadi meliputi peningkatan aktivitas enzim oksidatif pada mitokondria yang berperan dalam proses metabolisme aerobik.[29] Di samping itu, latihan HIIT juga meningkatkan kemampuan tubuh dalam menggunakan lemak sebagai sumber energi selama aktivitas fisik.[29] Peningkatan efisiensi metabolisme energi ini berkontribusi terhadap peningkatan daya tahan fisik serta kemampuan tubuh mempertahankan aktivitas fisik dalam durasi yang lebih lama.

2.1.6.5 Adaptasi pada sistem endokrin

Sistem endokrin juga mengalami respons terhadap HIIT melalui perubahan sekresi berbagai hormon yang berperan dalam metabolisme energi dan adaptasi fisiologis terhadap latihan.

Selama latihan intensitas tinggi terjadi peningkatan sekresi hormon seperti epinefrin, norepinefrin, serta hormon pertumbuhan. Hormon-hormon tersebut berperan dalam meningkatkan mobilisasi substrat energi seperti glukosa dan asam lemak bebas untuk memenuhi kebutuhan energi selama aktivitas fisik.[30]

Menurut beberapa penelitian, latihan HIIT juga dapat meningkatkan sensitivitas insulin sehingga meningkatkan kemampuan sel dalam mengambil glukosa dari darah.[30] Adaptasi ini berperan dalam meningkatkan efisiensi metabolisme energi pada jaringan otot.[30]

2.1.6.6 Adaptasi pada tingkat seluler

HIIT menyebabkan perubahan metabolik yang memicu aktivasi berbagai jalur sinyal intraseluler yang berperan dalam proses adaptasi terhadap latihan. Aktivitas fisik intensitas tinggi meningkatkan penggunaan energi dalam sel otot sehingga meningkatkan rasio adenosin monofosfat

terhadap adenosin trifosfat. Perubahan rasio energi ini mengaktifkan enzim AMP-*activated protein kinase* (AMPK) yang berperan sebagai sensor energi sel.[5]

Aktivasi AMPK merangsang ekspresi *peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator-1 alpha* (PGC-1α) yang merupakan regulator utama dalam proses biogenesis mitokondria.[5] Peningkatan ekspresi PGC-1α menyebabkan peningkatan jumlah dan fungsi mitokondria dalam sel otot sehingga meningkatkan kapasitas metabolisme aerobik.[5]

Selain itu, latihan HIIT juga dapat mengaktifkan jalur p38 *mitogen-activated protein kinase* (p38 MAPK) yang berperan dalam regulasi ekspresi gen yang berkaitan dengan metabolisme energi.[5] Aktivasi jalur ini meningkatkan aktivitas enzim oksidatif serta meningkatkan kemampuan sel otot dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik.

Adaptasi molekular tersebut pada akhirnya meningkatkan efisiensi metabolisme aerobik serta meningkatkan kemampuan jaringan otot dalam memanfaatkan oksigen selama aktivitas fisik. Perubahan tersebut berkontribusi terhadap peningkatan nilai VO_2max dan peningkatan daya tahan kardiorespirasi secara keseluruhan**.**

2.1.7 Hubungan HIIT dengan peningkatan VO_2max

HIIT dapat meningkatkan VO_2max melalui berbagai adaptasi fisiologis yang terjadi akibat stimulus latihan dengan intensitas tinggi. Selama interval kerja, tubuh mengalami peningkatan kebutuhan oksigen yang signifikan sehingga sistem kardiovaskular dan respirasi dipacu untuk bekerja lebih maksimal.[24,31] Kondisi ini secara bertahap meningkatkan kemampuan jantung dalam memompa darah serta memperbaiki distribusi aliran darah menuju jaringan otot yang aktif.

HIIT juga menimbulkan adaptasi pada jaringan otot rangka.[27] Aktivitas fisik dengan intensitas tinggi merangsang peningkatan kepadatan kapiler pada otot serta meningkatkan jumlah dan fungsi mitokondria di dalam sel otot.[27,28] Peningkatan kapilarisasi memperbaiki proses pengantaran oksigen dari darah ke jaringan otot, sedangkan peningkatan mitokondria

meningkatkan kemampuan sel otot dalam memanfaatkan oksigen untuk menghasilkan energi melalui metabolisme aerobik.[27–29]

Adaptasi tersebut terjadi secara bertahap selama program latihan dan menyebabkan sistem transpor serta pemanfaatan oksigen dalam tubuh menjadi lebih efisien. Dengan demikian, latihan HIIT dapat meningkatkan kemampuan tubuh dalam menggunakan oksigen selama aktivitas fisik, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap peningkatan nilai VO_2max dan daya tahan kardiorespirasi.

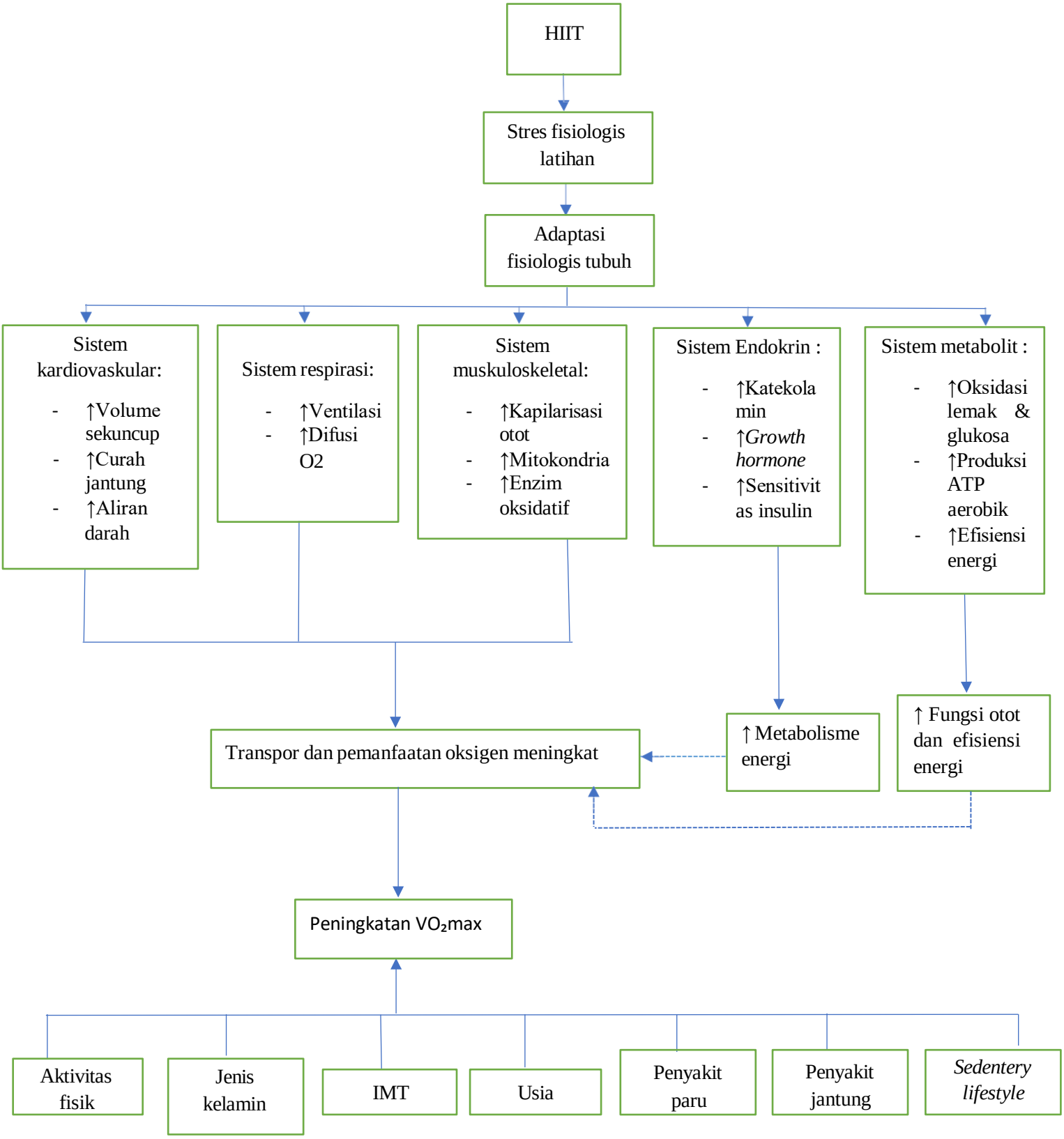
Penelitian menunjukkan bahwa latihan interval dengan durasi kerja sekitar 1-3 menit, seperti interval lari 400 meter, efektif dalam meningkatkan VO_2max karena mampu mempertahankan intensitas mendekati kapasitas aerobik maksimal.[17,18] Program latihan interval 400 meter dengan frekuensi 2-3 kali per minggu selama 4-6 minggu dilaporkan dapat meningkatkan VO_2max sekitar 6-12% pada individu dengan tingkat kebugaran sedang.[17,22,31] Peningkatan ini terjadi karena durasi interval yang cukup untuk mencapai dan mempertahankan konsumsi oksigen tinggi, sehingga memberikan stimulus optimal terhadap sistem kardiorespirasi.

2.2 Ringkasan pustaka

Tabel 1. Ringkasan pustaka

Peneliti	Lokasi & waktu	Desain	Subjek	Variabel yang diteliti	Lama	Hasil
Az zahra *et al.*[10]	Jawa Timur, Juni-Juli 2024	*One group pre-post test*	36 atlet hokey (16-22 thn)	HIIT : VO_2max	4 minggu	VO_2max meningkat signifikan dari 43,31 menjadi 45,92 mL/kg/menit ($p<0,001$)
Hanan Fawaz Hibatullah *et al.*[11]	Surakarta, 2025	*Two-group pre-post test*	30 mahasiswa	HIIT 1x/minggu vs 2x/minggu: VO_2max (*Beep test*t)	3 minggu	HIIT 2x/minggu meningkatkan VO_2max signifikan ($p<0,05$), 1x/minggu tidak signifikan
Indrawan *et al.*[17]	Indonesia	*Systematic Review*	Personel TNI AU	HIIT; VO_2max	Variatif (3-8 minggu)	Mayoritas Studi menunjukan HIIT efektif meningkatkan VO_2max secara signifikan dibanding latihan konvensional
Permana *et al.* [12]	Indonesia, 2025	*One group pretest-posttest*	13 atlet atletik laki-laki (15-17 thn)	HIIT – VO_2max & pemulihan denyut jantung	4 minggu (3x/minggu)	VO_2max meningkat signifikan dari 42,47 menjadi 45,37 mL/kg/menit (Δ 2,9; $p<0,05$). Pemulihan denyut jantung meningkat signifikan (Δ 10,87; $p<0,05$).
Hiruntrakul *et al.*[32]	Thailand, 2025	*Randomized controlled trial*	20 perenang laki-laki (n=10 intervensi; n=10 kontrol)	CM-HIIT → VO_2max, vital capacity, komposisi tubuh	6 minggu (3x/minggu)	VO_2max meningkat signifikan pada kelompok HIIT (29,75 → 38,77 mL/kg/menit; $p<0,05$). Vital capacity meningkat signifikan ($p<0,05$). Lemak tubuh menurun dan massa otot meningkat signifikan ($p<0,05$).
Khapip *et al.* [19]	Indonesia, 2024	Quasi-eksperimental	Atlet sepak bola	HIIT – VO_2max	6 minggu	HIIT meningkatkan VO_2max secara signifikan dibanding sebelum intervensi ($p<0,05$).

2.3 Kerangka teori



Ket: ——— : Efek langsung ---------- : Efek tidak langsung

Gambar 1. Kerangka teori

BAB III

KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka konsep



Gambar 2. Kerangka konsep

3.2 Variabel

3.2.1 Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah *High Intensity Interval Training* (HIIT).

3.2.2 Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah VO_2max.

3.3 Definisi operasional

Tabel 2. Definisi operasional

Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara mengukur	Hasil	Skala	Referensi
HIIT	Program latihan interval dengan intensitas 85–90% HRmax berupa lari interval yang dilakukan secara intermiten diselingi periode *recovery* aktif, dilakukan 2x/minggu selama 6 minggu	*Stopwatch*	Intensitas latihan diukur menggunakan heart rate monitor atau penghitungan denyut nadi selama latihan HIIT berdasarkan persentase HRmax.	Intervensi diberikan / tidak diberikan	Nominal	Coates et al., 2023[6]
Denyut jantung latihan (HR)	Jumlah denyut jantung per menit yang diperoleh dari interval antar denyut jantung (R-R interval) sebagai indikator respons fisiologis tubuh terhadap aktivitas atau latihan.	*Pulse oximeter*	HR diukur selama sesi latihan untuk memastikan latihan berada pada 85-95% HRmax	Bpm	Numerik	Quigley *et al.*, 2024[33]
VO_2max	Kapasitas konsumsi oksigen maksimal yang menggambarkan daya tahan kardiorespirasi	*Beep test* (*Multistage Fitness Test*)	Subjek berlari bolak-balik 20 m mengikuti audio hingga kelelahan, level terakhir dikonversi menjadi nilai VO_2max	mL/kg/menit	Numerik	Senanayake et al. (2024) validasi VO_2max lapangan vs CPET.[16]
IMT	Indeks massa tubuh hasil pembagian berat badan (kg) dengan tinggi badan kuadrat (m^2)	Timbangan digital & *microtoise*	Berat badan diukur tanpa alas kaki dan pakaian berat, tinggi badan diukur tegak lurus, lalu dihitung BB/TB^2	kg/m^2	Rasio	WHO, 2000.

BAB IV

METODE

4.1 Desain

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain *quasi-experimental pretest-posttest control group design*. Subjek dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok intervensi yang diberikan HIIT dan kelompok yang menjalani aktivitas rutin tanpa program HIIT terstruktur. Pengukuran VO_2max dilakukan sebelum dan sesudah intervensi selama 6 minggu.

4.2 Lokasi dan waktu

Penelitian dilaksanakan di lapangan bola Galaxy Koopsud I Halim Perdanakusuma, Jakarta. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus hingga Oktober 2026.

4.3 Populasi dan subjek

4.3.1 Populasi

Populasi dalam penelitian ini didefinisikan sebagai keseluruhan individu yang menjadi objek pengamatan dalam suatu penelitian. Populasi dalam penelitian ini seluruh siswa laki-laki usia 17-20 tahun yang sedang mempersiapkan diri untuk mengikuti seleksi penerimaan calon taruna pada tahun 2027.

4.3.1.1 Populasi target

Populasi target dalam penelitian ini adalah siswa laki-laki usia 17-20 tahun yang sedang mempersiapkan diri untuk mengikuti seleksi penerimaan calon taruna pada tahun 2027. Populasi ini dipilih karena kelompok tersebut memerlukan kapasitas kebugaran jasmani, khususnya daya tahan kardiorespirasi (VO_2max), sebagai salah satu komponen utama dalam proses seleksi.

4.3.1.2 Populasi terjangkau

Populasi terjangkau dalam penelitian ini adalah siswa laki-laki usia 17-20 tahun yang sedang mempersiapkan seleksi calon taruna dan mengikuti kegiatan latihan di lapangan bola Galaxy Koopsud I Halim Perdanakusuma, Jakarta Timur, pada periode Agustus hingga Oktober 2026.

4.3.2 Subjek

Subjek penelitian adalah siswa yang memenuhi kriteria pemilihan subjek yang telah ditentukan.

4.3.2.1 Kriteria pemilihan subjek

Kriteria inklusi :

1. Calon taruna laki-laki usia 17-20 tahun
2. Bersedia mengikuti seluruh rangkaian penelitian

Kriteria eksklusi :

1. Memiliki riwayat penyakit kardiovaskular, respirasi, atau gangguan muskuloskeletal
2. Memiliki gangguan pendengaran pada yang menghambat kemampuan mengikuti instruksi dan mendengar sinyal suara (beep)
3. Memiliki status gizi obesitas berdasarkan IMT
4. Sedang mengikuti program HIIT lainnya

Kriteria *drop out* :

1. Tidak mengikuti sebanyak 20% dari total sesi latihan yang telah ditetapkan.
2. Tidak mengikuti pengukuran VO_2max sebelum atau sesudah intervensi.
3. Mengundurkan diri dari penelitian sebelum seluruh rangkaian penelitian selesai.
4. Mengalami cedera atau kondisi kesehatan yang mengharuskan penghentian latihan selama penelitian berlangsung.

Proses skrining subjek penelitian dilakukan oleh peneliti sebelum pelaksanaan penelitian. Verifikasi usia dilakukan berdasarkan identitas resmi taruna. Kesediaan mengikuti seluruh rangkaian penelitian dibuktikan dengan penandatanganan lembar informed consent. Selanjutnya dilakukan wawancara mengenai riwayat penyakit kardiovaskular, respirasi, gangguan muskuloskeletal, gangguan pendengaran, serta riwayat mengikuti program HIIT lainnya sesuai kriteria eksklusi. Pengukuran tinggi badan dan berat badan dilakukan untuk menghitung indeks massa tubuh (IMT) sehingga subjek dengan status gizi obesitas dapat diidentifikasi dan tidak diikutsertakan dalam penelitian. Hanya subjek yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan tidak memenuhi kriteria eksklusi yang akan diikutsertakan dalam penelitian.

4.3.2.2 Perhitungan jumlah subjek

Jumlah sampel dalam penelitian ini dihitung berdasarkan rumus perbandingan dua rerata pada dua kelompok independen.

$$n = \frac{2\ (Z_\alpha + Z_\beta)^2 \sigma^2}{(\mu 1 - \mu 2)^2}$$

Keterangan :

- **n** = jumlah subjek minimal pada setiap kelompok
- **Zα** = nilai Z pada tingkat signifikansi (α), untuk α = 0,05 sebesar 1,96
- **Zβ** = nilai Z yang berkaitan dengan kekuatan uji (power), untuk power 80% sebesar 0,84
- **σ (sigma)** = standar deviasi populasi atau estimasi dari penelitian sebelumnya
- **$\mu_1 - \mu_2$** = perbedaan rerata antara dua kelompok yang diharapkan

Perhitungan jumlah subjek mengacu pada penelitian sebelumnya. Berdasarkan penelitian sebelumnya, peningkatan VO_2max setelah intervensi HIIT menunjukkan perbedaan rerata 3-5 mL/kg/menit dengan standar deviasi sekitar 4 mL/kg/menit.

Sehingga diperoleh :

$$n = \frac{2(1{,}96 + 0{,}84)^2 4^2}{(4)^2}$$

$$n = \frac{2(2.8)^2(16)}{16}$$

$$n = \frac{2(7.84)(16)}{16}$$

$$n = 15{,}68$$

Jumlah subjek minimal yang dibutuhkan adalah 16 orang per kelompok

Untuk mengatasi *dropout* sebesar 20%, maka jumlah subjek ditambah menjadi :

16 + (20% x 16) = 19,2

Sehingga jumlah subjek dibulatkan menjadi 20 orang pada setiap kelompok.

Dengan demikian total subjek penelitian adalah 40 orang, yang terdiri dari :

- 20 kelompok intervensi
- 20 kelompok kontrol

4.4 Bahan dan instrumen

4.4.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan program latihan HIIT sebagai intervensi utama untuk meningkatkan kapasitas aerobik (VO_2max). Selain itu, penelitian ini juga menggunakan pengukuran antropometri berupa tinggi badan dan berat badan untuk menentukan karakteristik subjek penelitian.

4.4.2 Instrumen

1. Pengukuran VO_2max

   Pengukuran VO_2max dilakukan menggunakan *Multistage Fitness Test* (*beep test*) yang telah divalidasi untuk mengukur kapasitas aerobik dan estimasi VO_2max.

2. Speaker

Speaker digunakan untuk memutar audio beep test sebagai panduan kecepatan dan perpindahan level selama pelaksanaan tes VO_2max.

3. Meteran ukur

   Meteran ukur digunakan untuk mengukur dan menandai lintasan sepanjang 20 meter sesuai protokol *beep test*.

4. Kerucut penanda

Kerucut penanda digunakan untuk menandai titik awal dan titik akhir lintasan 20 meter selama pelaksanaan *beep test.*

5. Berat badan

   Pengukuran berat badan dilakukan menggunakan timbangan digital (Omron) dengan satuan kilogram (kg).

6. Tinggi badan

Pengukuran tinggi badan dilakukan menggunakan *microtoise* (One health) dengan satuan sentimeter (cm)

7. Denyut jantung

Pengukuran denyut jantung dilakukan menggunakan *pulse oximeter* (Omicron) untuk memantau denyut jantung selama pelaksanaan program HIIT

8. Indeks masa tubuh

Dihitung berdasarkan hasil pengukuran berat badan dan tinggi badan menggunakan rumus IMT (kg/m^2) serta diklasifikasikan menurut kriteria Asia Pasifik.

4.5 Pelaksanaan intervensi HIIT

Program HIIT dilaksanakan selama 6 minggu dengan frekuensi latihan dua kali per minggu. Setiap awal sesi latihan diawali dengan pemanasan selama 10 menit yang terdiri atas jogging ringan dan peregangan dinamis. Selanjutnya, subjek melakukan latihan inti berupa lari interval 400 meter dengan intensitas 85-95% HRmax, kemudian diakhiri dengan pendinginan selama 10 menit yang terdiri atas jogging ringan dan peregangan statis.

Program latihan disusun berdasarkan prinsip *progressive overload* dengan peningkatan volume latihan secara bertahap. Pada minggu pertama dan kedua, subjek melakukan 6 repetisi lari 400 meter. Pada minggu ketiga dan keempat jumlah repetisi ditingkatkan menjadi 7 repetisi, sedangkan pada minggu kelima dan keenam ditingkatkan menjadi 8 repetisi. Interval istirahat aktif diberikan selama 1-2 menit antar repetisi.

Seluruh sesi latihan HIIT dilaksanakan di bawah pengawasan peneliti dan pelatih jasmani (Binjas) yang telah memahami protokol latihan. Sebelum latihan dimulai, peneliti memastikan peserta dalam kondisi sehat dan tidak mengalami keluhan seperti demam, nyeri dada, sesak napas, pusing, atau cedera muskuloskeletal. Selama latihan, denyut nadi peserta dipantau menggunakan pulse oximeter untuk memastikan intensitas latihan tetap berada pada target 85–95% denyut nadi maksimal (HRmax). Apabila

selama latihan peserta mengalami keluhan seperti nyeri dada, sesak napas, pusing, sinkop, atau cedera, latihan akan segera dihentikan. Peserta kemudian diberikan pertolongan pertama sesuai kondisi dan dirujuk ke fasilitas pelayanan kesehatan apabila diperlukan. Setelah latihan selesai, peserta melakukan pendinginan sesuai protokol.

4.6 Analisis statistik

Analisis statistik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 29.0. Analisis data dilakukan untuk mengetahui pengaruh latihan HIIT terhadap peningkatan VO_2max pada calon taruna. Analisis data akan dilakukan melalui analisis univariat dan analisis bivariat.

4.6.1 Analisis univariat

Analisis univariat merupakan metode yang paling sederhana untuk menganalisis setiap variabel dari hasil penelitian. Analisis univariat berfungsi untuk meringkas kesimpulan data dari hasil pengukuran sedemikian rupa secara analisis deskriptif.

4.6.2 Analisis bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk mengetahui pengaruh HIIT terhadap peningkatan VO_2max pada calon taruna. Sebelum dilakukan uji hipotesis, data VO_2max pada kelompok perlakuan dan kelompok kontrol diuji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk. Data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikan (p) > 0,05.

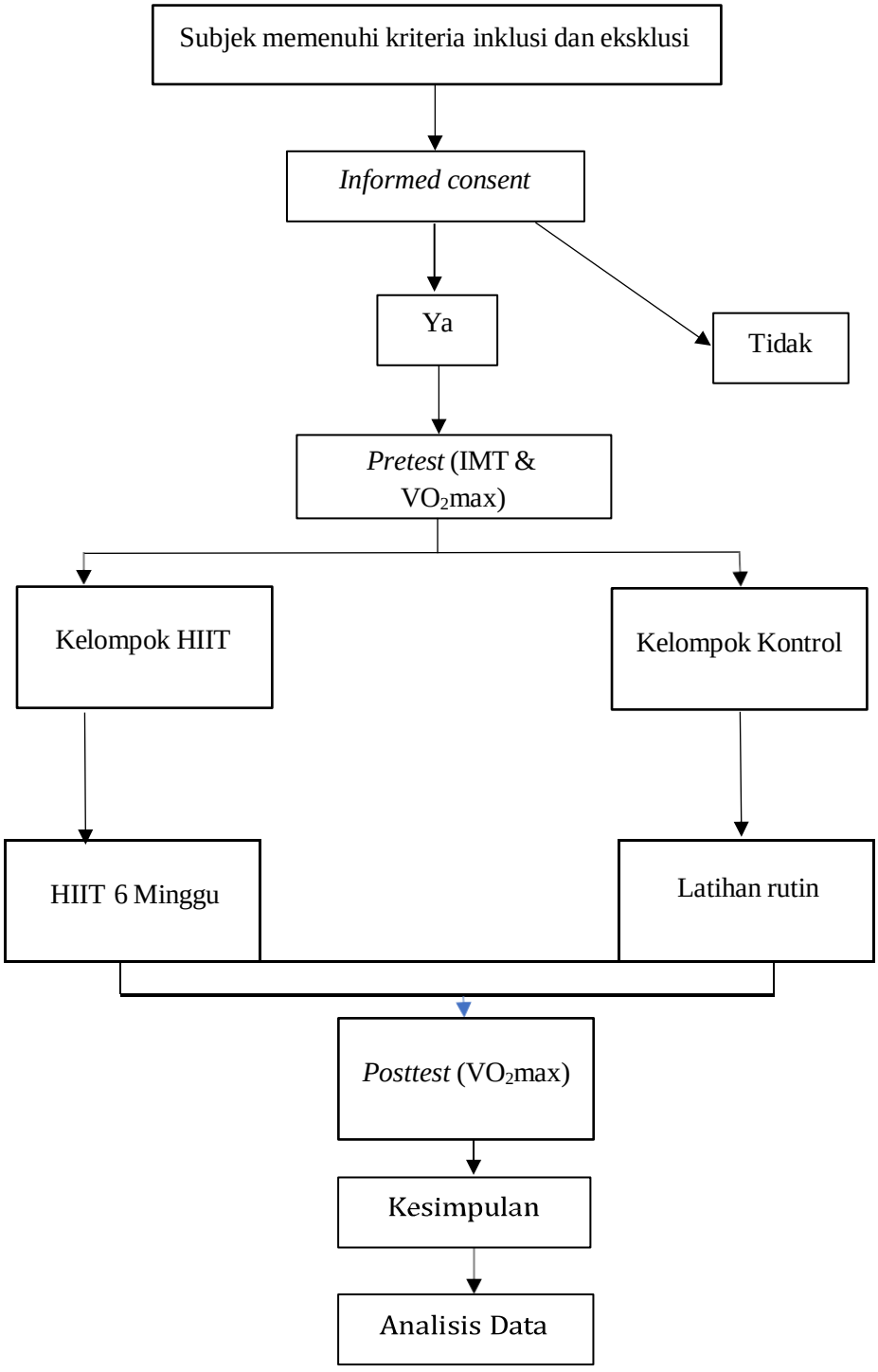
Apabila data berdistribusi normal, maka perbedaan nilai VO_2max sebelum dan sesudah intervensi pada masing – masing kelompok dianalisis menggunakan uji *Paired t-test.* Selanjutnya, perbedaan nilai VO_2max (ΔVO_2max) antar kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dianalisis menggunakan uji *independent t-test*.

Apabila data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji *Wilcoxon Signed Rank Test* untuk analisis dalam kelompok dan uji *Mann-Whitney U Test* untuk analisis antar kelompok.

Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan nilai signifikan (p) yang diperoleh dengan taraf kemaknaan (α) sebesar 0,05. Jika p < 0,05 maka H0 ditolak dan Ha diterima, yang menunjukkan terdapat pengaruh HIIT terhadap

peningkatan VO_2max. Sebaliknya, jika p >0,05 maka H0 diterima dan Ha ditolak, yang menunjukkan tidak terdapat pengaruh HIIT terhadap peningkatan VO_2max.

4.7 Alur kerja penelitian



Gambar 3. Alur kerja

4.8 Etika penelitian

Penelitian ini akan dilakukan setelah lolos kaji etik Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

4.9 Penjadwalan penelitian

Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian

Kegiatan	WAKTU											
	Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli	
	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl	Tgl
Pemilihan judul												
Penyusunan dan penyelesaian BAB I **(Pendahuluan)**												
Penyusunan dan penyelesaian BAB II (**Tinjauan Pustaka)**												
Penyusunan dan penyelesaian BAB III **(Kerangka konsep & definisi operasional)**												
Penyusunan dan penyelesaian BAB IV **(Metode)**												
Persiapan ujian												

REFERENSI

1. Ross R, Myers J. Cardiorespiratory fitness and its place in medicine. Rev in Cardiovasc Med. 2023;24(1). doi:10.31083/j.rcm2401014

2. Hall JE. Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology. 15th ed. Philadelphia: Elsevier; 2024

3. Astuti F, Capritasari R, Sumego M, Hardjanto TE. Analisis hasil tes kesamaptaan jasman peserta seleksi calon bintara tenaga kesehtan TNI AU alumni Poltekkes TNI AU Adsisutjipto Yogyakarta. Mahesa. 2023;3(2): 426–436. doi:10.33024/mahesa.v3i2.9424

4. Price MJ, Smith PM, Bottoms LM, Hill MW. The effect of age and sex on peak oxygen uptake during upper and lower body exercise: a systematic review. Exp Gerontol. 2024. doi:10.1016/j.exger.2024.11242.

5. Wahl P, Bloch W, Proschinger S. The molecular signature of high-intensity training in the human body. Int J Sports Med. 2022;43:195–205. doi:10.1055/a-1551-9294.

6. Coates AM, Joyner MJ, Little JP, Jones AM, Gibala MJ. A perspective on high-intensity interval training for performance and health. Sports Med. 2023;53(Suppl 1):85–96. doi:10.1007/s40279-023-01938-6.

7. Sidik DZ. Prinsip latihan atlet pada berbagai periodisasi. Pros Temu Ilm Nas Persagi. 2022;4:59-68.

8. Atakan MM, Li Y, Koşar ŞN, et al. Evidence-based effects of high-intensity interval training on exercise capacity and health: a review with historical perspective. Int J Environ Res Public Health. 2021; 18(13):7201. doi:10.3390/ijerph18137201.

9. Wu Z, Preobrazenski N, Renwick JRM, et al. Aerobic exercise training and VO2max: a scoping review of study populations and protocols. J Funct Morphol Kinsesiol. 2026;11(1). doi:10.3390/jfmk11010070

10. Setyawan ZA, Nugroho F. Pengaruh high intensity interval training (HIIT) terhadap peningkatan VO_2max pada pemain hockey. 2025.

11. Fawaz Hibatullah H, Kusumaningtyas M, Putri Nur Hidayati N. Perbedaan pengaruh dosis high intensity interval training 1 kali seminggu dengan 2 kali seminggu terhadap peningkatan VO2max pada mahasiswa. 2025.

12. Abi Permana D, Pengaruh program latihan interval intensitas tinggi dalam meningkatkan kapasitas VO2maks dan pemulihan denyut jantung. SPRINTER J Ilmu Olahraga. 2025;6

13. Rizal M. Pengaruh latihan interval terhadap peningkatan kapasitas VO2max pemain sepak bola Bank Sulselbae FC. J ILARA. 2026;17(1):9–17.

14. Prabowo UA. Perbandingan tes daya tahan kardiorespirasi: Cooper test dengan beep test dalam konteks pendidikan jasmani. Prosiding Seminar Nasional Prodi Magister dan Doktoral Pendidikan Olahraga FIK UNNES. 2025

15. Huda N, Dyana Kristi P, Arif Kustiawan A. Analisis Komparatif Estimasi Vo2max antara Tes multistage, Rockport, Cooper, dan Balke. Indones J Sport Sci Technol. 2026;5(1). doi:10.31316/ijst.v5i1.9826

16. Senanayake SP, Dabare P, Silva ARN, Pushpika S, Maddumage R. Validation study to assess the concurrent validity of the beep test as a Proxy for cardiopulmonary endurance, using VO2max as the criterion standard. Eur J Sport Sci. 2024;3(1):38–42. doi:10.24018/ejsport.2024.3.1.131

17. Indrawan DP. Pengaruh high-intensity interval training (HIIT) terhadap kapasitas VO2max anggota TNI AU: Sebuah tinjauan sistematis. Sport Mu J Pendidikan Olahraga.2025;6(1). doi:10.32528/sport-mu.v6i1.3601

18. Ilyas M bin, Jahrir AS. The effect of 400 m interval training on increasing VO_2max endurance in pencak silat athletes in South Sulawesi. 2025;17(3):3293–3299.

19. Khapipudin, Yusuf, Susilawati. Pengaruh latihan high intensity interval training (HIIT) terhadap peningkatan VO2max atlet. Gelora J Pendidik Olahraga Kesehat. 2021;8(2):20-26

20. Astawan KI, Widhiyanti KA. Pelatihan high intensity interval training (HIIT) meningkatkan VO2max atlet basket. 2023 ;9:11 doi:10.5281/zenodo.7497766

21. Hov H, Wang E, Lim YR, et al. Aerobic high-intensity intervals are superior to improve V̇O2max compared with sprint intervals in well-trained men. Scand J Med Sci Sports. 2023 Feb 1;33(2):146–59. doi:10.1111/sms.14251.

22. Yunus M, Pratama MH, Wahjuni ES. Met-analysis study : the effect of HIIT training on VO2max improvement of football athletes. JP.JOK (J Pendidikan Jasmani Olahraga dan Kesehatan). 2025;6(2):319–333. doi:10.33503/jp.jok.v6i2.1018

23. Nur Akhiroh E, Yudhistira D. The influence of tabata training and interval training on VO2max endurance improvement in pencak silat

martial arts athletes. Indonesian J of Sport Manag. 2025;5(1):91–105. doi:10.31949/ijsm.v5i1.12957

24. Azzahra FA, Arifin S. The effectiveness of high-intensity interval training on cardiorespiratory fitness: a systematic review. Maj Ilm Fisioter Indones. 2025;13(2):367–75. doi:10.24843/mifi.000000457

25. Gallo-Villegas JA, Calderón JC. epidemiological, mechanistic, and practical bases for assessment of cardiorespiratory fitness and muscle status in adults in healthcare settings. Eur J of Appl Physiol. 2023;123:945–964. doi:10.1007/s00421-022-05114-y.

26. Tamayo Acosta J, Sosa Gomez AE, Samuel S, Pelenyi S, Acosta RE, Acosta M. Effects of aerobic exercise versus high-intensity interval training on V̇O2max and blood pressure. Cureus. 2022. doi:10.7759/cureus.30322

27. Hung CH, Su CH, Wang D. The role of high-intensity interval training (HIIT) in neuromuscular adaptations: implications for strength and power development—a review. life. 2025;15(4). doi:10.3390/life15040657

28. Eken Ö, Emin Kafkas M. Effects of low and high intensity interval training exercises on VO 2max and components of neuromuscular and vascular system in male volunteers. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2022;22(3):352-363.

29. BaiQuan Y, Meng C, Congqing Z, XiaoDong W. The effects and post-exercise energy metabolism characteristics of different high-intensity interval training in obese adults. Sci Rep. 2025;15(1). doi:10.1038/s41598-025-98590-z.

30. de Mello MB, Righi NC, Schuch FB, Signori LU, da Silva AMV. Effect of high-intensity interval training protocols on VO2max and HbA1c level in people with type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis. Ann Phys Rehabil Med. 2022. doi:10.1016/j.rehab.2021.101586.

31. Dwi Z, Ciptadi P, Septianto I, Muhammad F, Hadi AJ, Putriani FM. The effectiveness of HIIT wxercise on aerobic energy system adaptation in athletes: a literature review.JIkor J Ilmu Keolahragaan. 2025;1(1):10–17.

32. Hiruntrakul A, Rirermkul P, Kaewwong T, et al. Efficiency of high-intensity interval training on VO2 max vital capacity and body composition in male swimmers. Pedagogy of Phys Cult Sports. 2025;29(2):123–130. doi:10.15561/26649837.2025.0206

33. Quigley KS, Gianaros PJ, Norman GJ, Jennings JR, Berntson GG, de Geus EJC. Publication guidelines for human heart rate and heart rate variability studies in psychophysiology—Part 1: Physiological

underpinnings and foundations of measurement. Psychophysiology. 2024;61(9). doi:10.1111/psyp.14604.

LAMPIRAN

Lampiran 1. ***Dummy table***

Tabel 1. Karakteristik subjek studi

Karakteristik	Kelompok HIIT(n=) %	Kelompok kontrol (n=)%
Umur (tahun)		
Berat badan (kg)		
Tinggi badan (cm)		
Indeks massa tubuh (kg/m2)		

Keterangan :

Tabel 2. Perbandingan VO_2max sebelum dan sesudah intervensi

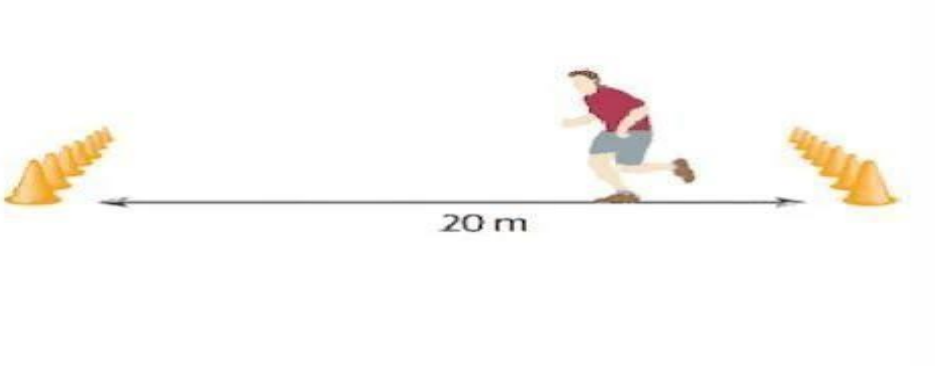
Kelompok HIIT

Variabel	Kelompok HIIT (Mean ± SD)	Kelompok Kontrol (Mean ± SD)	p
VO_2max Pre-test			
VO_2max Post-test			
ΔVO_2max			

Lampiran 2. Alat dan bahan



Lampiran 3. Ilustrasi *beep test*



Lampiran 4. Lembar *informed consent*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa saya telah mendapatkan penjelasan mengenai penelitian yang berjudul:

"Pengaruh High Intensity Interval Training (HIIT) terhadap Peningkatan VO_2max pada Calon Taruna"

Saya memahami bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh latihan High Intensity Interval Training (HIIT) terhadap peningkatan kapasitas aerobik (VO_2max) pada calon taruna.

Saya juga telah memahami bahwa:

- Saya akan mengikuti pengukuran VO_2max menggunakan **Multistage Fitness Test (Beep Test)** sebelum dan sesudah program latihan.
- Saya akan mengikuti program latihan **High Intensity Interval Training (HIIT)** sesuai prosedur penelitian.
- Penelitian ini dapat memberikan informasi mengenai tingkat kebugaran dan kapasitas aerobik (VO_2max) yang saya miliki.
- Risiko yang mungkin timbul berupa kelelahan, nyeri otot ringan, atau ketidaknyamanan sementara akibat aktivitas fisik.
- Keikutsertaan saya dalam penelitian ini bersifat sukarela dan saya berhak mengundurkan diri kapan saja tanpa konsekuensi apa pun.
- Data dan identitas saya akan dijaga kerahasiaannya serta hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

Dengan ini saya menyatakan bersedia menjadi responden dalam penelitian tersebut secara sukarela setelah memperoleh penjelasan mengenai tujuan, prosedur, manfaat, dan risiko penelitian.

Nama responden :

Tanggal : Tanda tangan