HUBUNGAN RUTINITAS LATIHAN FISIK DENGAN *EXERCISE-INDUCED FATIGUE* PADA PELARI

PROPOSAL SKRIPSI

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

MUHAMMAD WIRAYUDHA SATRYA PUTERA HARIYADI, 030002300191

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN

UNIVERSITAS TRISAKTI

FAKULTAS KEDOKTERAN

JAKARTA, JUNI 2026

Bidang Ilmu: Komunitas

PROPOSAL SKRIPSI

HUBUNGAN RUTINITAS LATIHAN FISIK DENGAN *EXERCISE-INDUCED FATIGUE* PADA PELARI

UNIVERSITAS TRISAKTI

Disusun Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Derajat Sarjana Kedokteran

MUHAMMAD WIRAYUDHA SATRYA PUTERA HARIYADI, 030002300191

PROGRAM STUDI KEDOKTERAN

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS TRISAKTI

JAKARTA, JUNI 2026

PERSETUJUAN

Proposal Skripsi

Judul:

HUBUNGAN RUTINITAS OLAHRAGA DENGAN KELELAHAN PADA PELARI

Muhammad Wirayudha Satrya Putera Hariyadi

NIM 030002300191

Telah disetujui untuk diuji di hadapan

Tim Penguji Proposal Skripsi

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada hari Rabu, tanggal 16 Juli 2026

Pembimbing

dr. Donna Adriani Kusumadewi M., M.Biomed, AIFO

NIK: 3427/USAKTI

PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI

Judul:

Hubungan Rutinitas Latihan Fisik dengan *Exercise-Induced Fatigue* Pada Pelari

MUHAMMAD WIRAYUDHA SATRYA PUTERA HARIYADI

NIM 030002300191

Telah diuji dan disahkan dihadapan **Dewan Penguji Proposal Skripsi**

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Pada Hari ..... , Tanggal 2026

Ketua Penguji

Nama :.....

NIK :.....

Anggota Penguji I

Nama : dr. Donna Adriani Kusumadewi M., M.Biomed, AIFO

NIK : 3427/USAKTI

Anggota Penguji II

Nama :.....

NIK :.....

Jakarta, ... 2026

Dekan

Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti

Dr. dr. Yenny, Sp.FK

NIK: 2613/USAKTI

PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Wirayudha Satrya Putera Hariyadi
NIM	: 030002300191
Program Studi	: Kedokteran
Alamat Korespondensi	: Jl. Alternatif Cibubur Kavling DDN no. 220, Jawa Barat, Kota Depok, Harjamukti
Telepon / mobile E-mail	: 08127333337/ 030002300191@std.trisakti.ac.id
Judul Proposal Skripsi	: Hubungan Rutinitas Olahraga dengan Kelelahan pada Pelari

Dengan ini menyatakan bahwa proposal skripsi yang saya tulis ini adalah benar-benar merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri. Proposal skripsi ini belum pernah diajukan sebagai suatu karya ilmiah untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan 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 skripsi 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, 16 Juli 2026



Muhammad Wirayudha Satrya Putera Hariyadi

NIM 030002300191

DAFTAR ISI

HALAMAN

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PERSETUJUAN ..... **ii**
HALAMAN PENGESAHAN PROPOSAL SKRIPSI ..... **iii**
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN PROPOSAL SKRIPSI ..... **iv**
DAFTAR ISI ..... **v**
DAFTAR TABEL ..... **vii**
DAFTAR GAMBAR ..... **viii**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **ix**
DAFTAR ARTI SINGKATAN ..... **x**

BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar belakang 1
1.2 Perumusan masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.3.1 Tujuan umum 2
1.3.2 Tujuan khusus 2
1.4 Hipotesis 2
1.5 Manfaat 3
1.5.1 Bagi pengembangan ilmu pengetahuan 3
1.5.2 Bagi profesi/institusi 3
1.5.3 Bagi Masyarakat 3

BAB II TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI **4**
2.1 Tinjauan pustaka 4
2.1.1 Pelari 4
2.1.2 *Exercise-induced fatigue* 5
2.1.2.1 Definisi 5
2.1.2.2 Epidemiologi 5
2.1.2.3 Fisiologi *exercise-induced fatigue* 5
2.1.2.4 Hubungan mekanisme aerob & anaerob dengan EIF 6
2.1.2.5 Faktor risiko *exercise-induced fatigue* 7
2.1.2.5.1 Usia 7
2.1.2.5.2 Jenis kelamin 8
2.1.2.5.3 Suhu lingkungan 8
2.1.2.5.4 Kondisi kesehatan 9
2.1.2.5.5 Penggunaan obat 10
2.1.3 Rutinitas latihan fisik 10
2.1.3.1 Definisi 10
2.1.3.2 Faktor yang memengaruhi rutinitas latihan fisik ... 10
2.1.3.2.1 Jenis kelamin 10
2.1.3.2.2 Status pekerjaan 11

2.1.3.2.3 Status sosial ekonomi 11
2.1.3.2.4 Ketersediaan fasilitas 11
2.1.3.2.5 Dukungan kerabat 11
2.1.3.3 Rekomendasi dosis latihan 12
2.1.3.4 Indikasi latihan fisik untuk pelari rekreasional 13
2.1.3.5 Efek latihan adaptasi jangka pendek dan panjang . 14
2.1.4 Hubungan rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue* .. 16
2.2 Ringkasan pustaka 19
2.3 Kerangka teori 20

BAB III KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL 21
3.1 Kerangka konsep 21
3.1.1 Variabel penelitian 21
3.1.1.1 Variabel bebas 21
3.1.1.2 Variabel tergantung 21
3.2 Definisi operasional 22

BAB IV METODE 23
4.1 Desain 23
4.2 Lokasi dan waktu 23
4.3 Populasi dan subjek penelitian 23
4.3.1 Populasi 23
4.3.1.1 Populasi target 23
4.3.1.2 Populasi terjangkau 23
4.3.2 Subjek 23
4.3.2.1 Kriteria pemilihan subjek 23
4.3.2.1.1 Kriteria Inklusi 23
4.3.2.1.2 Kriteria Eksklusi 24
4.3.3 Perhitungan jumlah subjek 24
4.4 Bahan dan instrumen 25
4.5 Analisis data 26
4.5.1 Analisis univariat 26
4.5.2 Analisis bivariat 27
4.6 Alur kerja penelitian 27
4.7 Etika penelitian 27
4.8 Penjadwalan penelitian 28

DAFTAR PUSTAKA 29
LAMPIRAN 36

DAFTAR TABEL

HALAMAN

Tabel 1. Ringkasan pustaka..... 19
Tabel 2. Definisi operasional 22
Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian..... 28

DAFTAR GAMBAR

HALAMAN

Gambar 1. Kerangka teori 20
Gambar 2. Kerangka konsep 21
Gambar 3. Alur kerja..... 27

DAFTAR LAMPIRAN

HALAMAN

Lampiran 1. Dummy table univariat karakteristik sosiodemografi, rutinitas latihan fisik, dan exercise-induced fatigue pada pelari 36
Lampiran 2. Dummy table bivariat hubungan antara rutinitas latihan fisik dan exercise-induced fatigue..... 36
Lampiran 3. Godin-Shephard Leisure-Time Exercise Questionnaire (GLTEQ) .. 37
Lampiran 4. Skala Borg 38
Lampiran 5. Informed consent 40
Lampiran 6. Formulir persetujuan responden 41

DAFTAR ARTI SINGKATAN

ACSM	: American College of Sports Medicine
ATP	: Adenosin Trifosfat
EIF	: *exercise-induced fatigue*
FITT	: *Frequency, Intensity, Time, Type*
GBK	: Gelora Bung Karno
GLTEQ	: Godin-Shephard *Leisure-Time Exercise Questionnaire*
H^+	: Ion Hidrogen
HR	: *Heart Rate*
NAD^+	: *Nicotinamide Adenine Dinucleotide*
POMS-SF	: *Profile of Mood States-Short Form*
RCT	: *Randomized Controlled Trial*
RPE	: *Rating of Perceived Exertion*
SPSS	: Statistical *Package for the Social Sciences*
TD	: Tekanan Darah
VO2max	: Volume Oksigen Maksimal

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pelari adalah individu yang melakukan aktivitas lari sebagai bagian dari pola hidup aktif atau kebugaran.[1] Selama berlari, otot mengalami kontraksi eksentrik yang berulang sehingga kapasitas otot untuk menghasilkan gaya atau tenaga menurun secara progresif, kondisi yang dikenal sebagai *exercise-induced fatigue* (EIF).[1] EIF merupakan proses fisiologis yang melibatkan sistem neuromuskular dan kardiovaskular, dengan dua mekanisme utama, yaitu kelelahan sentral yang berkaitan dengan penurunan aktivasi otot volunter oleh sistem saraf pusat, dan kelelahan perifer yang berkaitan dengan perubahan biokimia pada serat otot itu sendiri.[2] EIF dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor risiko multifaktorial, antara lain usia, jenis kelamin, suhu lingkungan, kondisi kesehatan, dan penggunaan obat-obatan.[3] Penelitian oleh Ad Daulah *et al.* di tahun 2025 melaporkan bahwa 90% atlet mengalami tingkat kelelahan kategori sedang hingga berat.[4] Di antara berbagai faktor risiko tersebut, rutinitas latihan fisik menjadi salah satu faktor yang dapat dimodifikasi dan berpotensi memengaruhi derajat EIF yang dialami pelari.[5]

Rutinitas latihan fisik adalah pola latihan fisik yang dilakukan secara terjadwal dan berulang dalam periode waktu tertentu, mencakup aspek frekuensi, intensitas, durasi, dan jenis latihan yang konsisten.[6] Latihan yang dilakukan secara rutin memicu adaptasi fisiologis pada sistem kardiovaskular, kardiorespirasi, dan muskuloskeletal, seperti peningkatan efisiensi pengangkutan oksigen, percepatan pembersihan laktat dari otot, serta peningkatan kapasitas mitokondria dalam menghasilkan energi.[6] Adaptasi-adaptasi ini membuat tubuh mampu bekerja pada intensitas yang sama dengan tingkat stres fisiologis yang lebih rendah, sehingga ambang munculnya kelelahan bergeser lebih jauh dan penurunan kelelahan pascalatihan menjadi lebih besar dibandingkan individu yang tidak terlatih.[6]

Bukti mengenai hubungan antara rutinitas latihan fisik dan kelelahan masih menunjukkan hasil yang tidak konsisten. Penelitian yang dilakukan oleh Puetz *et al.* dengan desain *randomized controlled trial* pada 36 dewasa muda sedentari

dengan kelelahan persisten menemukan bahwa penurunan kelelahan lebih besar pada kelompok latihan intensitas rendah dibandingkan dengan intensitas sedang, sehingga mendukung adanya keterkaitan antara rutinitas latihan dengan penurunan kelelahan.[7] Di sisi lain, penelitian cross-sectional oleh Romero-Ramos et al. pada 278 pelari justru tidak menemukan perbedaan signifikan pada tingkat kelelahan antara pelari terlatih dan tidak terlatih, maupun antarpelari dengan volume latihan rutin yang berbeda.[8] Perbedaan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara rutinitas latihan fisik dan EIF belum sepenuhnya dipahami dan masih memerlukan kajian lebih lanjut. Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk meneliti hubungan antara rutinitas latihan fisik dan EIF pada pelari.

1.2 Perumusan masalah

Apakah terdapat hubungan antara rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue* pada pelari?

1.3 Tujuan

1.3.1 Tujuan umum

Untuk meningkatkan derajat kesehatan pelari melalui penentuan hubungan antara rutinitas latihan fisik dengan *exercise-induced fatigue* pada pelari.

1.3.2 Tujuan khusus

1. Untuk mengetahui proporsi karakteristik sosiodemografik (usia dan jenis kelamin) pada pelari.
2. Untuk mengetahui proporsi rutinitas latihan fisik pada pelari.
3. Untuk mengetahui proporsi *exercise-induced fatigue* pada pelari.
4. Untuk menentukan hubungan rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue* pada pelari.

1.4 Hipotesis

Terdapat hubungan antara rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue* pada pelari.

1.5 Manfaat

1.5.1 Bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Penelitian ini diharapkan dapat menambah kontribusi ilmiah dalam bidang kedokteran olahraga, khususnya terkait hubungan antara rutinitas latihan fisik dengan EIF pada pelari. Hasil penelitian ini dapat memperkaya literatur nasional mengenai pola latihan fisik dan respons EIF pada populasi pelari rekreasional di Indonesia, mengingat data epidemiologis masih terbatas di jurnal nasional terindeks. Penelitian ini juga dapat menjadi dasar bagi penelitian selanjutnya dalam mengembangkan pendekatan pemantauan beban latihan yang lebih komprehensif, termasuk pengembangan instrumen pengukuran EIF yang lebih spesifik untuk populasi pelari Indonesia.

1.5.2 Bagi profesi/institusi

Penelitian ini diharapkan menjadi landasan ilmiah dan praktis bagi dokter, dokter spesialis kedokteran olahraga, fisioterapis, pelatih lari, serta pengelola komunitas lari dalam memahami pola hubungan antara rutinitas latihan fisik dan EIF. Bagi tenaga medis, hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memberikan edukasi dan konseling kepada pelari terkait pengaturan volume dan intensitas latihan yang aman. Bagi pelatih dan pengelola komunitas lari, hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam menyusun program latihan yang memperhitungkan risiko kelelahan berlebih, sehingga dapat menurunkan risiko cedera akibat *overtraining*. Bagi Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya bahan ajar dan referensi ilmiah untuk mata kuliah fisiologi olahraga.

1.5.3 Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran masyarakat mengenai pentingnya menjaga rutinitas latihan fisik yang seimbang dan sesuai kemampuan tubuh. Dengan pemahaman mengenai hubungan rutinitas latihan fisik dengan EIF, pelari diharapkan dapat lebih memperhatikan pola latihannya sendiri, mengenali tanda-tanda *exercise-induced fatigue*, serta menjaga keberlanjutan aktivitas lari secara sehat dan aman dalam jangka panjang.

BAB II
TINJAUAN, RINGKASAN PUSTAKA, KERANGKA TEORI

2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Pelari

Lari merupakan salah satu bentuk latihan fisik aerobik yang paling populer di dunia, dengan jutaan pelari berpartisipasi secara global sebagai latihan fisik rekreasi maupun kompetisi.[9] Pelari secara umum dapat dipahami sebagai individu yang melakukan latihan lari secara rutin, baik sebagai bentuk olahraga, sarana menjaga kesehatan, maupun sebagai bagian dari kompetisi. Pelari dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu pelari profesional dan pelari rekreasional.[10]

Pelari profesional adalah individu yang menjadikan lari sebagai profesi utama, dengan latihan yang terstruktur dan terperiodisasi ketat untuk mencapai performa terbaik di level kompetisi tertinggi, tanpa dibatasi oleh aktivitas kehidupan sehari-hari lainnya.[11]

Pelari rekreasional adalah individu yang berlatih dan berkompetisi secara teratur pada waktu luang, terlepas dari tingkat performa yang dicapai, dengan tujuan yang bervariasi seperti kesenangan, kesehatan, maupun kompetisi, namun memiliki keterbatasan waktu berlatih karena harus menyesuaikan dengan kewajiban kehidupan sehari-hari lainnya.[12]

Gaya hidup sedentari merupakan pola perilaku yang ditandai dengan aktivitas sehari-hari yang melibatkan pengeluaran energi rendah, umumnya dilakukan dalam posisi duduk, bersandar, atau berbaring.[13] Aktivitas semacam ini mencakup duduk saat waktu luang, perjalanan menuju dan dari tempat kerja, serta kegiatan sehari-hari di lingkungan kerja maupun rumah yang minim gerak.[13] Selain waktu duduk yang tinggi, individu dengan gaya hidup sedentari umumnya juga jarang melakukan olahraga terstruktur atau tidak memenuhi anjuran aktivitas fisik minimal, sehingga kedua aspek ini, yaitu tingginya waktu duduk dan rendahnya frekuensi berolahraga, sama-sama menjadi ciri khas gaya hidup sedentari.[14]

2.1.2 Exercise-induced fatigue

2.1.2.1 Definisi

Exercise-induced fatigue merupakan fenomena fisiologis umum yang terjadi setelah melakukan latihan fisik, yang dapat menurunkan output tenaga dan performa olahraga.[15] Secara sederhana, EIF dapat dipahami sebagai kondisi menurunnya kemampuan tubuh untuk terus menghasilkan tenaga atau mempertahankan intensitas latihan fisik yang sedang dilakukan, disertai rasa berat atau sulit untuk melanjutkan aktivitas tersebut.[15]

2.1.2.2 Epidemiologi

Exercise-induced fatigue merupakan kondisi yang hampir selalu dijumpai pada orang yang menjalani program latihan intensif. Penelitian oleh Ad Daulah *et al.* di tahun 2025 pada 40 atlet Taekwondo di Kabupaten Karawang melaporkan bahwa sekitar 90% atlet mengalami tingkat kelelahan kategori sedang hingga berat, menegaskan bahwa kelelahan hampir selalu menyertai aktivitas latihan yang menuntut secara fisik.[4]

2.1.2.3 Fisiologi *exercise-induced fatigue*

Saat berolahraga, tubuh dipaksa bekerja melebihi kondisi normalnya, sehingga keseimbangan tubuh, seperti suhu dan kadar zat kimia dalam darah, menjadi terganggu.[2] *Exercise-induced fatigue* yang muncul setelahnya merupakan respons alami tubuh terhadap gangguan keseimbangan tersebut, bukan pertanda adanya masalah kesehatan.[3] Secara mekanistik, kelelahan dapat dibagi menjadi kelelahan perifer, yang terjadi akibat perubahan biokimia pada otot, dan kelelahan sentral, yang berkaitan dengan menurunnya kemampuan sistem saraf pusat dalam mengaktivasi otot secara volunter.[3]

Pada kelelahan perifer, salah satu perubahan biokimia utama adalah pembentukan asam laktat melalui glikolisis anaerob.[16] Saat kebutuhan energi otot meningkat cepat dan pasokan oksigen tidak mencukupi, piruvat hasil glikolisis diubah menjadi laktat oleh enzim laktat dehidrogenase, suatu reaksi yang meregenerasi NAD+ agar glikolisis dapat terus berlangsung.[17] Pelepasan ion H+ yang menyertai proses ini menurunkan pH otot (asidosis) dan mengganggu siklus

kontraksi-relaksasi otot, sehingga berkontribusi pada penurunan kapasitas kerja otot.[18]

Selain jalur perifer, kelelahan juga melibatkan komponen sentral, di mana otak mengintegrasikan sinyal dari otot dan sistem kardiorespirasi menjadi persepsi subjektif terhadap beratnya suatu aktivitas, sebagaimana dijelaskan dalam teori integratif yang memandang kelelahan sentral dan perifer sebagai dua konstruk yang saling terkait, diatur oleh keseimbangan dinamis antara faktor fisiologis dan psikologis.[3] Persepsi inilah yang lazim diukur menggunakan skala tingkat usaha yang dipersepsikan, sebagai indikator tidak langsung dari tingkat kelelahan yang dialami seseorang, bukan sebagai konstruk yang identik dengannya. Perubahan biokimia pada otot dan interpretasi sentral oleh otak sama-sama berkontribusi terhadap kelelahan yang dirasakan pelari setelah menyelesaikan sesi larinya.[3,7]

2.1.2.4 Hubungan mekanisme aerob & anaerob dengan EIF

Derajat *exercise-induced fatigue* yang dialami pelari sangat dipengaruhi oleh sistem energi mana yang dominan digunakan tubuh selama aktivitas berlangsung. Selama fase awal lari, tubuh mengandalkan mekanisme anaerob, dimulai dari sistem fosfagen yang mendominasi pada sekitar 10 detik pertama, kemudian dilanjutkan oleh glikolisis anaerob yang mendominasi hingga sekitar 2 menit aktivitas intensitas tinggi.[19] Kedua sistem ini menghasilkan ATP dengan cepat, tetapi glikolisis anaerob secara khusus menghasilkan metabolit berupa laktat dan ion H+ yang berkontribusi langsung terhadap penurunan pH otot dan gangguan siklus kontraksi-relaksasi otot, sehingga mempercepat munculnya EIF.[20]

Begitu aktivitas berlangsung lebih dari 2 sampai 3 menit, dominasi produksi energi beralih ke mekanisme aerob, yang menghasilkan ATP jauh lebih efisien namun dengan laju yang lebih lambat, sehingga metabolit penyebab EIF yang dihasilkan pun jauh lebih sedikit dibandingkan jalur anaerob.[19] Pada lari jarak jauh dengan kecepatan submaksimal, seperti yang umum dilakukan pelari rekreasional, mekanisme aerob dapat menyumbang hingga sekitar 95% kebutuhan energi total, sehingga derajat EIF yang dialami relatif lebih rendah selama tubuh mampu mempertahankan dominasi jalur aerob tersebut.[20]

Namun, *exercise-induced fatigue* cenderung meningkat tajam ketika pelari memasuki segmen berintensitas tinggi (misalnya saat menanjak atau mempercepat kecepatan lari) atau ketika cadangan glikogen otot mulai menipis menjelang akhir sesi lari jarak jauh. Pada kondisi tersebut, kontribusi glikolisis anaerob kembali meningkat untuk menutupi kebutuhan energi yang tidak dapat dipenuhi sepenuhnya oleh jalur aerob, sehingga akumulasi laktat dan ion H+ meningkat secara signifikan dan mempercepat penurunan kapasitas otot menghasilkan gaya atau tenaga.[20] Dengan demikian, pergeseran proporsi kontribusi energi dari dominan aerob menjadi dominan anaerob merupakan salah satu mekanisme fisiologis utama yang mendasari onset dan peningkatan derajat EIF pada pelari.[20]

Rutinitas latihan fisik yang dijalani secara rutin berperan penting dalam konteks ini, karena adaptasi fisiologis seperti peningkatan kapasitas mitokondria dan aktivitas enzim oksidatif membuat tubuh mampu bertahan lebih lama pada dominasi jalur aerob sebelum terpaksa beralih ke jalur anaerob pada intensitas dan durasi latihan yang sama.[19] Atlet terlatih juga menunjukkan kemampuan pembersihan laktat yang lebih cepat dibandingkan dengan individu tidak terlatih, dengan laju pembersihan laktat yang dapat meningkat 20 sampai 30% pada individu yang telah beradaptasi dengan baik terhadap latihan.[21]

2.1.2.5 Faktor risiko *exercise-induced fatigue*

2.1.2.5.1 Usia

Usia menjadi faktor risiko EIF karena berkaitan erat dengan kapasitas kardiorespirasi seseorang. Kapasitas fisik dan kemampuan jantung-paru mencapai puncaknya pada usia 20-an, ketika seluruh fungsi tubuh berada pada kondisi optimal.[22] Setelah mencapai puncak tersebut, kapasitas kardiorespirasi mengalami penurunan bertahap, dengan penurunan yang mulai terasa signifikan pada rentang usia 30 sampai 40 tahun, diperkirakan sekitar 10% per dekade.[22] Penurunan kapasitas ini menyebabkan individu yang lebih tua cenderung merasakan usaha yang lebih berat pada beban kerja absolut yang sama dibandingkan dengan individu yang lebih muda.[23] Rentang usia yang dianggap optimal untuk berolahraga dengan intensitas tinggi tanpa risiko penurunan fungsi tubuh yang signifikan adalah usia

dewasa muda, yaitu sekitar 18 hingga 40 tahun, sebelum penurunan kapasitas kardiorespirasi terkait usia mulai berdampak nyata.[24–26]

2.1.2.5.2 Jenis kelamin

Jenis kelamin turut memengaruhi derajat EIF yang dialami seseorang selama berolahraga, meski arah pengaruhnya cenderung berlawanan dengan asumsi umum. Berbagai penelitian secara konsisten menunjukkan bahwa perempuan justru cenderung lebih resisten terhadap EIF dibandingkan dengan laki-laki, pada rentang aktivitas mulai dari kontraksi otot tunggal hingga aktivitas seluruh tubuh.[27]

Perbedaan resistensi terhadap EIF ini berkaitan erat dengan perbedaan komposisi serat otot antara kedua jenis kelamin.[28] Penelitian meta-analisis terhadap lebih dari 6.000 partisipan menunjukkan bahwa perempuan secara konsisten memiliki proporsi serat otot tipe I yang lebih besar, sementara laki-laki memiliki proporsi serat otot tipe II (glikolitik, cepat lelah namun bertenaga lebih besar) yang lebih besar, dan pola ini tetap konsisten meski dikontrol untuk usia, tingkat aktivitas fisik, maupun kelompok otot yang diteliti.[28]

Selain perbedaan komposisi serat otot, meta-analisis terhadap 35 studi menemukan bahwa laki-laki cenderung lebih banyak menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi saat berolahraga dengan intensitas sedang, sementara perempuan cenderung lebih banyak mengoksidasi lemak, baik pada populasi sedentari maupun atletik.[29] Pola pemanfaatan lemak yang lebih dominan pada perempuan ini konsisten dengan metabolisme aerob yang menghasilkan lebih sedikit akumulasi metabolit penyebab EIF dibandingkan dengan metabolisme karbohidrat/glikolitik yang lebih dominan pada laki-laki.[29]

2.1.2.5.3 Suhu lingkungan

Suhu lingkungan merupakan salah satu faktor eksternal yang berpengaruh signifikan terhadap derajat EIF yang dialami seseorang selama berolahraga, terutama pada aktivitas endurans seperti lari jarak jauh.[30] Saat berolahraga di lingkungan bersuhu tinggi, tubuh menghadapi beban ganda, yaitu memproduksi energi untuk kerja otot sekaligus mengeluarkan panas berlebih melalui mekanisme termoregulasi seperti berkeringat dan vasodilatasi kulit, agar suhu inti tubuh tetap terjaga dalam batas aman.[30]

Ketika suhu lingkungan meningkat, beban termoregulasi ini menjadi semakin berat dan mempercepat timbulnya EIF.[30] Penurunan performa ini terjadi melalui beberapa mekanisme yang saling berkaitan, meliputi hipertermia, gangguan fungsi kardiovaskular akibat aliran darah yang harus terbagi antara otot yang bekerja dan kulit untuk pembuangan panas, gangguan fungsi sistem saraf pusat, serta kehilangan cairan tubuh melalui keringat yang jika tidak digantikan secara adekuat akan memperparah derajat EIF.[30]

Pelari yang berlatih atau bertanding pada suhu lingkungan yang tinggi cenderung lebih cepat mengalami EIF, meski intensitas dan durasi latihannya sama atau bahkan lebih ringan dibandingkan saat berlatih pada suhu yang lebih sejuk.[30] Suhu lingkungan menjadi faktor risiko yang penting untuk diperhatikan dalam penelitian pada pelari rekreasional di Indonesia, mengingat kondisi iklim tropis di Indonesia yang cenderung panas dan lembap sepanjang tahun.[30]

2.1.2.5.4 Kondisi kesehatan

Beberapa kondisi kesehatan tertentu dapat menyebabkan EIF yang independen dari rutinitas latihan fisik seseorang. Anemia berhubungan dengan penurunan kapasitas latihan karena berkurangnya kadar hemoglobin yang membatasi kemampuan darah mengangkut oksigen ke jaringan yang bekerja.[31] Gangguan tiroid seperti hipotiroidisme atau hipertiroidisme dapat meningkatkan EIF, meski melalui mekanisme yang berlawanan. Pada hipotiroidisme, defisiensi hormon tiroid menurunkan laju metabolisme basal dan efisiensi mitokondria otot rangka (termasuk penurunan biogenesis mitokondria dan autofagi otot), sehingga produksi energi seluler menurun dan timbul kelemahan otot serta EIF. Pada hipertiroidisme, kelebihan hormon tiroid justru mendorong keadaan hipermetabolik dengan peningkatan pemecahan protein otot (proteolisis) yang melebihi laju sintesisnya, menyebabkan atrofi dan kelemahan otot (miopati tirotoksik). Tubuh "membakar" energi secara berlebihan sehingga cadangan energi otot cepat terkuras dan timbul EIF meski awalnya penderita merasa energik.[32,33] Penyakit jantung, khususnya gagal jantung, merupakan kondisi yang gejala utamanya berupa intoleransi olahraga, ditandai dengan penurunan konsumsi oksigen puncak akibat

gangguan kapasitas jantung memompa darah serta disfungsi otot rangka dan pernapasan.[34]

2.1.2.5.5 Penggunaan obat

Penggunaan obat-obatan tertentu juga dapat memengaruhi respons fisiologis terhadap latihan secara independen dari beban latihan yang sebenarnya. Obat golongan beta-blocker, yang umum digunakan pada pasien dengan gangguan kardiovaskular, terbukti menurunkan konsumsi oksigen puncak dan kapasitas latihan maksimal, meski pengaruhnya terhadap tingkat usaha yang dipersepsikan pada beban kerja tertentu tidak selalu konsisten antarstudi.[35] Beberapa penelitian menemukan adanya disosiasi antara respons fisiologis objektif dengan persepsi subjektif usaha akibat obat golongan ini.[35]

2.1.3 Rutinitas latihan fisik

2.1.3.1 Definisi

Rutinitas latihan fisik adalah pola aktivitas fisik yang dilakukan secara terjadwal dan berulang dalam periode waktu tertentu, mencakup empat komponen utama yang saling berkaitan, yaitu frekuensi, intensitas, durasi atau waktu, dan jenis latihan yang dijalani secara konsisten.[36] Keempat komponen ini secara kolektif dikenal sebagai prinsip FITT (*Frequency, Intensity, Time, Type*), yang menjadi kerangka standar dalam merancang, mengevaluasi, maupun menyesuaikan suatu program latihan sesuai tujuan dan kondisi masing-masing individu.[36]

2.1.3.2 Faktor yang memengaruhi rutinitas latihan fisik

2.1.3.2.1 Jenis kelamin

Jenis kelamin merupakan salah satu determinan yang memengaruhi rutinitas latihan fisik. Secara umum, laki-laki cenderung memiliki tingkat aktivitas fisik dan partisipasi olahraga yang lebih tinggi dibandingkan perempuan.[37] Perbedaan ini dipengaruhi oleh faktor biologis, psikologis, serta sosial budaya. Pada perempuan, hambatan seperti tanggung jawab keluarga, persepsi keamanan lingkungan, dan keterbatasan waktu lebih sering dilaporkan sehingga dapat mengurangi konsistensi latihan fisik.[37] Lingkungan fisik tertentu, seperti ketersediaan transportasi umum yang aman dan jalur pejalan kaki atau jalur sepeda, juga memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap aktivitas fisik perempuan dibandingkan laki-laki.[38]

2.1.3.2.2 Status pekerjaan

Status pekerjaan memengaruhi rutinitas latihan fisik melalui ketersediaan waktu, tingkat kelelaha akibat pekerjaan, dan fleksibilitas jadwal. Individu yang bekerja penuh waktu sering mengalami keterbatasan waktu untuk berolahraga secara teratur, sedangkan individu dengan jadwal kerja yang lebih fleksibel atau bekerja paruh waktu cenderung lebih mudah mempertahankan rutinitas latihan.[37] Beban kerja yang tinggi dan jam kerja yang panjang juga berkaitan dengan rendahnya aktivitas fisik waktu luang.[37]

2.1.3.2.3 Status sosial ekonomi

Status sosial ekonomi berhubungan erat dengan rutinitas latihan fisik. Individu dengan status sosial ekonomi yang lebih tinggi umumnya memiliki akses yang lebih baik terhadap fasilitas olahraga, lingkungan yang mendukung aktivitas fisik, serta sumber daya finansial untuk mengikuti program latihan atau kompetisi lari.[38] Sebaliknya, kelompok dengan status sosial ekonomi rendah sering menghadapi hambatan berupa keterbatasan fasilitas olahraga, biaya, dan lingkungan yang kurang mendukung untuk beraktivitas fisik secara teratur.[38]

2.1.3.2.4 Ketersediaan fasilitas

Ketersediaan fasilitas merupakan faktor lingkungan yang berperan penting dalam membentuk rutinitas latihan fisik. Adanya taman, jalur lari, trotoar yang baik, lintasan lari, pusat kebugaran, dan fasilitas olahraga yang mudah diakses terbukti meningkatkan peluang seseorang untuk melakukan aktivitas fisik secara rutin.[37] Sebaliknya, keterbatasan fasilitas dan lingkungan yang tidak mendukung dapat menurunkan frekuensi latihan fisik.[38] Perbaikan infrastruktur lingkungan juga telah terbukti meningkatkan aktivitas fisik masyarakat pada berbagai kelompok usia.[37]

2.1.3.2.5 Dukungan kerabat

Dukungan dari kerabat atau keluarga berperan signifikan dalam membentuk dan mempertahankan rutinitas latihan fisik seseorang. Dukungan keluarga dapat berupa dorongan emosional, keterlibatan langsung dalam aktivitas fisik bersama, maupun penyediaan sumber daya seperti waktu dan biaya untuk mendukung individu tetap berlatih secara rutin.[39] Kehadiran dukungan keluarga yang konsisten

dapat meningkatkan rasa tanggung jawab dan motivasi intrinsik seseorang untuk mempertahankan latihan fisik dalam jangka panjang, sementara ketiadaan dukungan ini dapat menurunkan konsistensi rutinitas latihan yang dijalani.[39]

2.1.3.3 Rekomendasi dosis latihan

Frekuensi adalah seberapa sering seseorang berlatih dalam satu minggu. Idealnya, latihan aerobik dilakukan tiga sampai lima hari per minggu, tersebar merata sepanjang minggu, bukan ditumpuk hanya dalam satu atau dua sesi saja.[40] Intensitas berkaitan dengan seberapa berat suatu sesi latihan dirasakan relatif terhadap kapasitas maksimal tubuh seseorang, yang dapat ditentukan menggunakan sistem zona detak jantung. Zona ini dihitung berdasarkan persentase denyut jantung maksimal (HRmaks), yang diestimasi dengan rumus 220 dikurangi usia, kemudian dibagi menjadi lima tingkatan intensitas, yaitu Zona 1 (50-60% HRmax, pemulihan aktif), Zona 2 (60-70% HRmax, intensitas ringan), Zona 3 (70-80% HRmax, intensitas sedang), Zona 4 (80-90% HRmax, intensitas berat), dan Zona 5 (90-100% HRmax, intensitas maksimal). Kelima zona ini secara kasar bersesuaian dengan rentang nilai skala Borg, di mana Zona 3 setara dengan nilai 12-13 dan Zona 4 setara dengan nilai 14-17.[41]

Pada durasi, satu sesi latihan aerobik idealnya berlangsung antara 20–60 menit, dilakukan sekaligus secara kontinu maupun terbagi dalam beberapa segmen latihan terpisah minimal 10 menit yang diakumulasikan sepanjang hari.[40] Jika ditotal dalam seminggu, angkanya berkisar 150-300 menit untuk intensitas sedang, atau 75-150 menit saja jika intensitasnya sudah tergolong berat.[40]

Latihan fisik secara umum dapat dikelompokkan menjadi empat jenis utama berdasarkan tujuan dan mekanisme fisiologisnya, sesuai rekomendasi *American College of Sports Medicine* (ACSM), yaitu latihan aerobik, resistensi, fleksibilitas, dan neuromotor.[42] Latihan aerobik melibatkan gerakan otot besar secara ritmis dan berkelanjutan yang mengandalkan metabolisme aerob sebagai sumber energi utama, bertujuan meningkatkan kapasitas kardiorespirasi, daya tahan, dan kesehatan jantung, dengan contoh seperti berlari, bersepeda, berenang, dan menari.[42] Latihan resistensi atau kekuatan melibatkan penggunaan beban atau tahanan untuk melawan gravitasi guna membangun massa dan kekuatan otot,

bermanfaat meningkatkan kepadatan tulang serta komposisi tubuh secara keseluruhan, dengan contoh seperti angkat beban, latihan beban tubuh sendiri, dan resistance band.[42] Latihan fleksibilitas atau peregangan bertujuan meningkatkan rentang gerak sendi dan kelenturan otot, direkomendasikan dilakukan minimal 2 sampai 3 hari per minggu dengan setiap peregangan ditahan 10 sampai 30 detik dan diulang 2 sampai 4 kali, seperti peregangan statis, dinamis, dan yoga.[43] Terakhir, latihan neuromotor melibatkan aktivitas yang meningkatkan keterampilan motorik seperti keseimbangan, kelincahan, dan koordinasi, direkomendasikan dilakukan 2 sampai 3 kali per minggu selama 20 sampai 30 menit per sesi, dan khususnya penting bagi individu berisiko tinggi jatuh seperti lansia, dengan contoh seperti latihan keseimbangan satu kaki dan latihan kelincahan.[43]

Untuk menurunkan derajat *exercise-induced fatigue* secara spesifik, frekuensi latihan yang direkomendasikan mengikuti pedoman umum FITT, yaitu tiga sampai lima kali per minggu, dengan intensitas sedang pada Zona 3 (70-80% HRmax, nilai Borg 12-13) sebagai pilihan paling seimbang antara efektivitas dan keamanan, serta durasi sekitar 20-60 menit per sesi latihan.[44] Latihan aerobik seperti lari efektif untuk menurunkan EIF, terutama bila dilakukan secara rutin tiga sampai lima kali per minggu selama 20-60 menit per sesi dan dipertahankan setidaknya selama beberapa bulan. Hasil terbaik diperoleh apabila latihan aerobik dikombinasikan dengan latihan resistensi atau penguatan otot, sesuai anjuran WHO yang merekomendasikan latihan penguatan otot minimal dua kali per minggu sebagai pelengkap latihan aerobik.[40]

2.1.3.4 Indikasi latihan fisik untuk pelari rekreasional

Indikasi latihan fisik pada pelari rekreasional umumnya disusun berdasarkan prinsip FITT (Frequency, Intensity, Time, Type). Berdasarkan rekomendasi ACSM dan WHO, latihan aerobik dianjurkan dilakukan sebanyak 3–5 kali per minggu dengan total durasi 150–300 menit per minggu pada intensitas sedang atau 75–150 menit per minggu pada intensitas tinggi. Setiap sesi latihan umumnya berlangsung selama 30–60 menit, bergantung pada tujuan latihan dan tingkat kebugaran individu. Selain latihan aerobik, pelari rekreasional juga dianjurkan melakukan latihan kekuatan sebanyak 2–3 kali per minggu untuk

meningkatkan kekuatan dan daya tahan otot, serta latihan fleksibilitas dan neuromuskular secara rutin guna meningkatkan efisiensi gerak dan keseimbangan, serta menurunkan risiko cedera.

Program latihan sebaiknya disusun secara bertahap dengan prinsip progresivitas, yaitu meningkatkan frekuensi, durasi, atau intensitas latihan secara perlahan sesuai kemampuan individu agar tubuh memiliki waktu yang cukup untuk beradaptasi serta mengurangi risiko cedera dan EIF berlebihan. Pada pelari rekreasional, sebagian besar volume latihan (sekitar 70–80%) dianjurkan dilakukan pada intensitas rendah hingga sedang, sedangkan sisanya (20–30%) dilakukan pada intensitas sedang hingga tinggi untuk mengoptimalkan peningkatan kapasitas aerobik dan performa lari.

2.1.3.5 Efek latihan adaptasi jangka pendek dan panjang

Selama satu sesi latihan berlangsung, sistem kardiovaskular mengalami sejumlah perubahan akut untuk memenuhi kebutuhan oksigen otot yang bekerja, ditandai dengan peningkatan denyut nadi secara proporsional terhadap intensitas latihan, peningkatan tekanan darah sistolik akibat peningkatan curah jantung, pengalihan aliran darah dari organ non-esensial menuju otot yang aktif, serta peningkatan suhu tubuh yang memicu respons berkeringat sebagai mekanisme termoregulasi, di mana perubahan-perubahan akut ini bersifat sementara dan akan kembali ke kondisi baseline dalam hitungan menit hingga jam setelah latihan berakhir.[45] Berbeda dengan efek jangka pendek, latihan endurance yang dilakukan secara rutin dalam jangka panjang memicu peningkatan volume dan beban kerja pada ventrikel jantung, sehingga rongga ventrikel mengalami pelebaran ringan hingga sedang yang disertai sedikit penebalan dinding jantung, suatu fenomena yang dikenal sebagai *eccentric hypertrophy* atau "jantung atlet", yang menyebabkan volume darah yang dipompa setiap kali jantung berkontraksi (*stroke volume*) meningkat, sehingga pada beban kerja yang sama, jantung tidak perlu berdetak sesering sebelumnya untuk memenuhi kebutuhan oksigen tubuh, tercermin dari penurunan denyut nadi istirahat maupun saat beraktivitas.[45] Curah jantung, yang merupakan hasil kali antara *stroke volume* dan denyut jantung, pun menjadi lebih efisien dalam mendistribusikan oksigen ke seluruh tubuh, sehingga

derajat EIF yang dirasakan pada intensitas latihan yang sama menjadi lebih rendah, ditambah lagi latihan rutin turut meningkatkan jumlah sel darah merah (eritrosit) dan massa hemoglobin dalam sirkulasi melalui rangsangan hormon eritropoietin, sehingga memperbesar kapasitas darah dalam mengangkut oksigen ke jaringan otot yang bekerja dan semakin menurunkan derajat EIF yang dialami individu terlatih dibandingkan individu tidak terlatih.[46]

Pada sistem respirasi, selama satu sesi latihan berlangsung, tubuh mengalami sejumlah perubahan akut untuk memenuhi kebutuhan oksigen yang meningkat, ditandai dengan peningkatan frekuensi dan kedalaman napas (ventilasi), peningkatan laju pertukaran gas di alveoli, serta peningkatan penggunaan otot bantu napas seiring meningkatnya intensitas latihan, di mana perubahan-perubahan ini bersifat sementara dan akan kembali ke kondisi baseline dalam hitungan menit setelah latihan berakhir.[47] Berbeda dengan efek jangka pendek tersebut, adaptasi jangka panjang pada sistem respirasi berupa peningkatan kapasitas maksimal tubuh dalam mengambil dan menggunakan oksigen (VO2max), yang didukung oleh penguatan otot-otot pernapasan serta perbaikan mekanisme kontraksi otot dada, sehingga volume rongga dada dan kapasitas paru turut meningkat.[19] Dengan kapasitas paru yang lebih besar, jumlah oksigen yang dapat diserap ke dalam darah pun bertambah, sehingga suplai oksigen ke jaringan tubuh menjadi lebih optimal dan derajat EIF yang dirasakan berkurang.[19,47]

Pada sistem muskuloskeletal, selama satu sesi latihan berlangsung, otot mengalami sejumlah perubahan akut untuk memenuhi kebutuhan energi yang meningkat, ditandai dengan peningkatan aliran darah ke otot yang aktif, peningkatan suhu otot lokal, serta peningkatan produksi dan akumulasi metabolit seperti laktat dan ion H+ akibat glikolisis anaerob, terutama pada intensitas latihan yang tinggi, di mana perubahan-perubahan ini bersifat sementara dan akan kembali ke kondisi baseline dalam hitungan jam hingga beberapa hari setelah latihan berakhir, tergantung intensitas dan durasi latihan yang dijalani.[6] Berbeda dengan efek jangka pendek tersebut, latihan rutin dalam jangka panjang memicu peningkatan densitas kapiler di sekitar serat otot, sehingga area pertukaran oksigen dan nutrisi antara darah dan otot semakin luas dan suplai oksigen ke otot yang

bekerja meningkat.[6,21] Latihan rutin juga meningkatkan jumlah dan ukuran mitokondria dalam sel otot, sehingga kapasitas otot memproduksi energi secara aerob meningkat dan otot lebih mengandalkan metabolisme aerob dibandingkan anaerob pada intensitas yang sama, sehingga produksi laktat dan ion H+ berkurang. Aktivitas enzim oksidatif dalam otot turut meningkat, sehingga efisiensi penggunaan oksigen dan substrat energi menjadi lebih baik, sementara kapasitas otot dan hati dalam membersihkan laktat juga meningkat, sehingga ambang laktat bergeser lebih tinggi dan EIF menurun. [6,21]

2.1.4 Hubungan rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue*

Adaptasi jangka panjang jantung dan paru terhadap latihan yang dilakukan secara teratur terjadi melalui perubahan pada sistem saraf otonom. Penelitian pada individu dengan obesitas yang menjalani program latihan supramaksimal menemukan bahwa latihan tersebut meningkatkan denyut jantung, yang berhubungan dengan penurunan kadar katekolamin.[48] Karena katekolamin (adrenalin dan noradrenalin) berperan dalam meningkatkan denyut jantung dan tekanan darah sebagai respons terhadap stres fisik, penurunan pelepasan hormon ini pada individu dengan rutinitas latihan fisik yang baik dapat tercermin dari tekanan darah dan nadi yang cenderung lebih rendah pada beban kerja yang sama dibandingkan dengan individu yang kurang terlatih. Efisiensi kardiorespirasi yang meningkat inilah yang mendasari dugaan bahwa rutinitas latihan fisik dapat memengaruhi bagaimana seseorang mempersepsikan beratnya suatu latihan, termasuk saat berlari.[48]

Secara teoretis, rutinitas latihan fisik yang dilakukan secara konsisten diharapkan dapat meningkatkan kapasitas kardiorespirasi dan efisiensi penggunaan energi tubuh, sehingga individu dengan rutinitas latihan fisik yang lebih baik akan merasakan tingkat EIF yang berbeda dibandingkan dengan individu dengan rutinitas yang kurang, pada beban latihan yang setara.[7,49] Bukti empiris mengenai hubungan tersebut masih menunjukkan hasil yang tidak konsisten antarstudi

Puetz et al. melakukan RCT pada 36 dewasa muda sedentari dengan kelelahan menetap, dirandomisasi ke latihan aerobik intensitas rendah, sedang, atau kontrol selama enam minggu, dengan variabel tergantung skor vigor dan kelelahan

(POMS-SF). Vigor adalah perasaan positif terkait kemampuan seseorang untuk menyelesaikan aktivitas mental maupun fisik. Hasilnya, kedua kelompok latihan menunjukkan penurunan kelelahan dan peningkatan vigor dibandingkan dengan kontrol, dengan hasil kelelahan paling baik pada intensitas rendah. Keterbatasannya: variabel yang diukur adalah *mood state* menggunakan kuesioner, dan populasinya bukan pelari.[7]

Penelitian yang kontra oleh Romero-Ramos et al. melakukan studi cross-sectional pada 278 pelari pasca-lomba 7 km, dengan variabel kelelahan (Borg CR-10) dan kebiasaan olahraga (rutin berlari, volume latihan mingguan, frekuensi kompetisi) menggunakan kuesioner. Hasilnya, tidak ada perbedaan kelelahan yang signifikan antara pelari rutin dan tidak rutin, maupun berdasarkan volume latihan mingguan karena pengukurannya dilakukan setelah lomba kompetitif, bukan latihan biasa. Saat berkompetisi, baik pelari yang rutin berlatih maupun tidak sama-sama mendorong dirinya mendekati batas kemampuan maksimal masing-masing demi mencapai performa terbaik, sehingga tingkat kelelahan yang sifatnya mengukur usaha relatif terhadap kapasitas individu menjadi seragam, meski rutinitas latihan yang dijalani berbeda-beda. Maka dari itu, dalam korelasi kelelahan dengan volume latihan juga lemah dan tidak bermakna. Keterbatasannya: desain cross-sectional tidak bisa menyimpulkan sebab-akibat, skala kelelahan berbeda, dan diukur satu kali pasca-kompetisi (dipengaruhi oleh pacing dan motivasi).[8]

Temuan serupa juga dilaporkan oleh Reppa et al. dalam studi kuasi-eksperimental pada 28 wanita sehat, yang dibagi menjadi kelompok kebugaran tinggi dan rendah (median split VO2max) selama sesi akut Tabata HIIT 30 menit, dengan variabel tergantung kelelahan. Hasilnya, kelelahan meningkat secara signifikan seiring waktu pada kedua kelompok, namun tidak ada perbedaan bermakna antara kelompok kebugaran tinggi dan rendah. Keterbatasannya: bukan randomisasi penuh, populasi bukan pelari, dan hanya satu sesi akut (bukan efek rutinitas jangka panjang).[50]

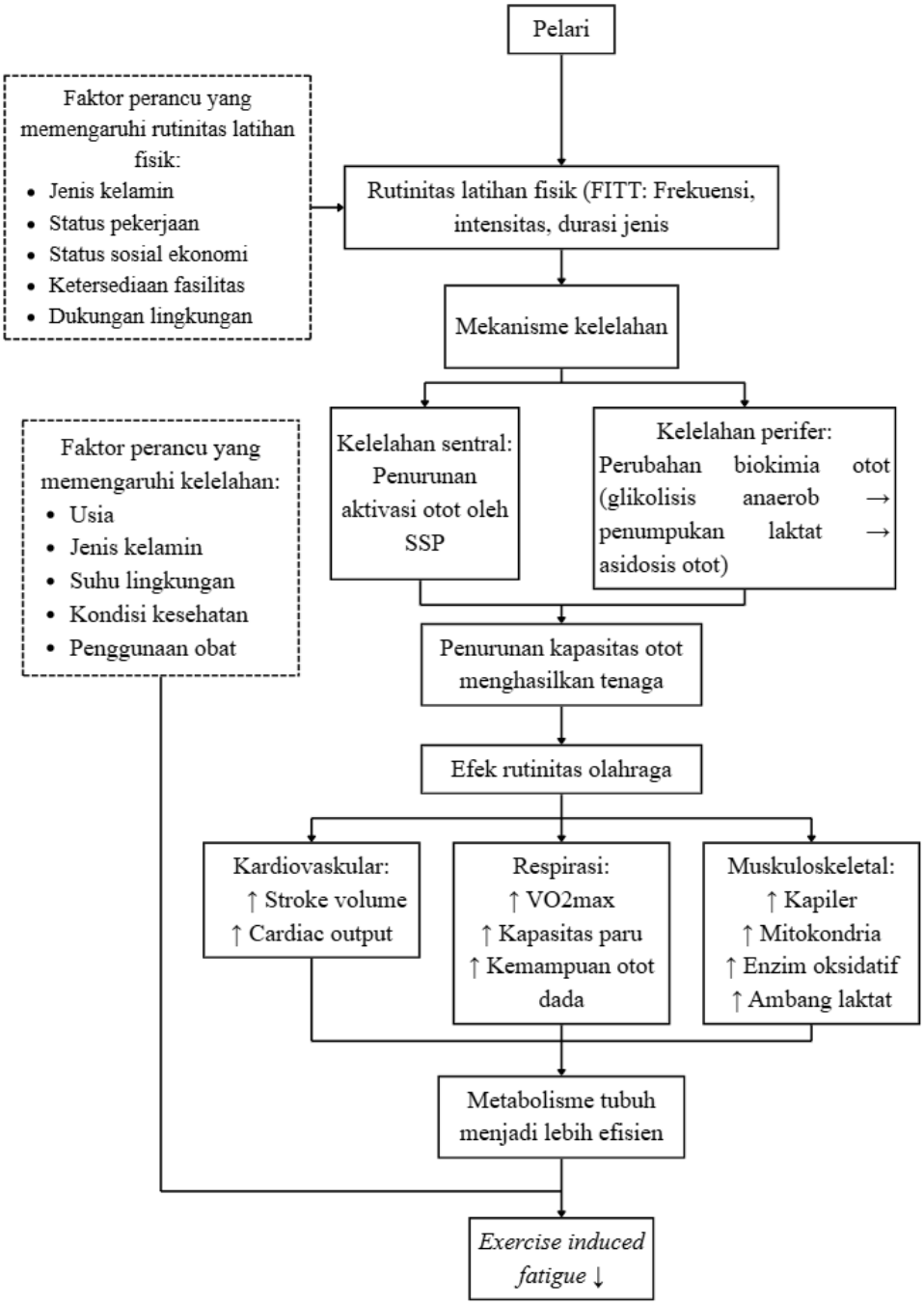
Perbedaan hasil ini dipengaruhi oleh desain penelitian dan cara pengukuran. Ketidakkonsistenan ini memperkuat urgensi penelitian ini pada populasi pelari rekreasional dengan pengukuran rutinitas latihan fisik yang terstandardisasi.

2.2 Ringkasan pustaka

Tabel 1. Ringkasan pustaka

Peneliti	Lokasi & waktu	Desain	Subjek	Variabel yang diteliti	Lama	Hasil
Puetz et al.[7]	Amerika Serikat	Randomized controlled trial	36 dewasa muda sedentari sehat usia 18-35 tahun dengan kelelahan persisten.	Variabel bebas: latihan aerobik intensitas rendah dan sedang. Variabel tergantung: rasa berenergi dan kelelahan	6 minggu, 3x/minggu	Kelompok latihan menunjukkan penurunan kelelahan dan peningkatan vigor dibandingkan dengan kontrol, dengan hasil kelelahan paling baik pada intensitas rendah (p = 0,04).
Romero-Ramos et al.[8]	Spanyol, 2024	Cross-sectional	278 pelari peserta lomba 7 km	Bebas: kebiasaan olahraga, volume latihan. Tergantung: Kelelahan	Satu perlombaan	Tidak ditemukan perbedaan kelelahan yang signifikan antara pelari yang rutin lari dan tidak rutin (p > 0,05), maupun antarpelari dengan volume latihan mingguan yang berbeda.
Reppa et al.[50]	Yunani	Eksperimental	28 wanita dewasa muda (kebugaran tinggi vs rendah)	Bebas: tingkat kebugaran aerobik Tergantung: kelelahan, laktat, denyut jantung	Satu sesi Tabata 30 menit	Kelompok kebugaran tinggi dan rendah menunjukkan peningkatan kelelahan yang serupa selama sesi latihan tidak ditemukan perbedaan bermakna antarkelompok (p=0,617).

2.3 Kerangka teori



Gambar 1. Kerangka teori

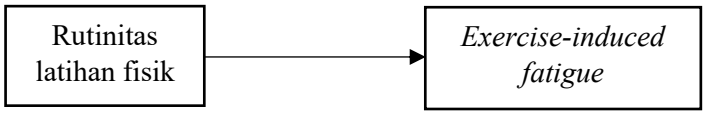
Keterangan:

: Variabel yang diteliti

: Variabel yang tidak diteliti

BAB III
KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1 Kerangka konsep



Gambar 2. Kerangka konsep

3.1.1 Variabel penelitian

3.1.1.1 Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini adalah rutinitas latihan fisik.

3.1.1.2 Variabel tergantung

Variabel tergantung pada penelitian ini adalah *exercise-induced fatigue.*

3.2 Definisi operasional

Tabel 2. Definisi operasional

Variabel	Definisi	Alat ukur	Cara mengukur	Hasil	Skala	Referensi
Rutinitas latihan fisik	Tingkat latihan fisik pada waktu luang dalam 7 hari terakhir	Kuesioner Latihan fisik Godin-Shephard *Leisure-Time Exercise Questionnaire* (GLTEQ) versi Indonesia.	Responden mengisi jumlah sesi latuhan fisik ringan, sedang, berat (≥15 menit) dalam 7 hari terakhir.	Skor GLTEQ: Aktif: >24 Cukup aktif: 14–23 Kurang aktif: <14	Ordinal	Godin, 2011; Rahman et al., 2025[51]
Exercise-induced fatigue	*Exercise-induced fatigue* adalah penurunan kapasitas otot menghasilkan gaya atau tenaga akibat aktivitas fisik, sebagai respons fisiologis akut yang normal, bukan pertanda masalah kesehatan.	Skala Borg	Peneliti menentukan angka pada skala 6–20 yang paling menggambarkan tingkat usaha/kelelahan yang dirasakan responden, yang diisi 0–15 menit setelah responden selesai berlari.	Skor Borg 6–20: Tidak ada: 6 Ringan–sedang: 7–14 Berat: 15–20	Ordinal	Borg, 1998[52]

BAB IV
METODE

4.1 Desain

Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dengan desain cross sectional. Desain penelitian ini digunakan untuk mengetahui hubungan antara rutinitas latihan fisik sebagai variabel bebas dengan *exercise-induced fatigue* pada pelari sebagai variabel tergantung. Pada desain cross sectional, pengukuran variabel bebas dan variabel tergantung dilakukan pada waktu yang sama sehingga hubungan antara kedua variabel tersebut dapat dianalisis pada satu periode pengamatan.

4.2 Lokasi dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Gelora Bung Karno (GBK), Jakarta. Pengambilan data dilakukan pada bulan Agustus – Desember 2026.

4.3 Populasi dan subjek penelitian

4.3.1 Populasi

4.3.1.1 Populasi target

Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh individu yang melakukan aktivitas lari sebagai olahraga rekreasi.

4.3.1.2 Populasi terjangkau

Populasi terjangkau dalam penelitian ini adalah pelari yang bergabung dalam komunitas pelari rekreasional yaitu individu yang secara rutin melakukan olahraga lari sebagai bagian dari gaya hidup aktif atau kebugaran pribadi, bukan sebagai atlet kompetitif, dan merupakan anggota komunitas lari Ducksters.

4.3.2 Subjek

Subjek penelitian adalah pelari rekreasional komunitas Ducksters yang berlari di kawasan GBK dan memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, dipilih menggunakan teknik consecutive *non-random sampling*.

4.3.2.1 Kriteria pemilihan subjek

4.3.2.1.1 Kriteria Inklusi

- Berusia 18–60.

- Pelari rekreasional pada komunitas pelari rekreasional Ducksters.
- Bersedia menjadi responden penelitian dan menandatangani informed consent.

4.3.2.1.2 Kriteria Eksklusi

- Memiliki riwayat anemia, gangguan tiroid, atau penyakit jantung.
- Sedang menggunakan obat-obatan beta blocker.

4.3.3 Perhitungan jumlah subjek

Jumlah subjek dalam penelitian ini dihitung menggunakan rumus besar sampel untuk estimasi proporsi, dengan koreksi populasi finit karena populasi terjangkau diketahui.

Populasi infinit:

$$n_0 = \frac{Z \propto^2 \ x\ p\ x\ q}{d^2}$$

$$n_0 = \frac{1{,}96^2\ x\ 0{,}9\ x\ 0{,}1}{0{,}05^2}$$

$$n_0 = \frac{0{,}345744}{0{,}0025}$$

$$n_0 = \ 138{,}297$$

$$= 139$$

Keterangan:

- n_0 = jumlah sampel minimal (populasi infinit)
- Z∝ = tingkat kemaknaan yang dikehendaki adalah 95%, dengan nilai 1,96
- P = proporsi kelelahan ditetapkan sebesar 0,9 (90%)[4]
- Q = 1 – 0,9= 0,1
- d = kesalahan absolut yang dapat diterima, pada penelitian ini adalah 5% (0,05)

Populasi finit:

$$n = \frac{n_0}{(1 + \frac{n_0}{N})}$$

$$n = \frac{139}{(1 + \frac{139}{370})}$$

$$n = \frac{139}{1{,}375}$$

$$n = 101{,}09$$

$$= 102$$

Keterangan:

n = jumlah sampel yang digunakan untuk sampel finit

n_0 = jumlah sampel minimal

N = jumlah populasi terjangkau yaitu 370 pelari yang tergabung dalam komunitas "Ducksters".

Pada perhitungan sampel perlu ditambahkan 15% kemungkinan sampel drop out, sehingga perhitungan jumlah sampel yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$n = 102 + 15\%\ drop\ out$$

$$= 102 + 15{,}3 = 117{,}3 = 118 \text{ responden}$$

Setelah ditambahkan dropout sebesar 15%, responden yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah 118 responden.

4.4 Bahan dan instrumen

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua kuesioner utama. Instrumen pertama adalah *Godin-Shephard Leisure-Time Exercise Questionnaire* (GLTEQ) versi bahasa Indonesia (Cronbach's alpha 0,980) untuk mengukur rutinitas latihan fisik responden dalam 7 hari terakhir. Responden diminta mengisi jumlah sesi latihan fisik ringan, sedang, dan berat (masing masing berdurasi minimal 15 menit) yang dilakukan dalam 7 hari terakhir. Skor total dihitung dengan mengalikan frekuensi masing masing kategori latihan dengan nilai bobotnya, yaitu (9 dikali frekuensi latihan berat) ditambah (5 dikali frekuensi latihan sedang) ditambah (3 dikali frekuensi latihan ringan). Skor total kemudian

diinterpretasikan ke dalam tiga kategori, yaitu aktif (skor > 24), cukup aktif (skor 14-23), dan kurang aktif (skor < 14).

Instrumen kedua adalah skala Borg 6-20 untuk mengukur tingkat EIF responden segera setelah menyelesaikan sesi lari. Skala ini didesain sedemikian rupa sehingga nilai yang tertera pada skala, jika dikalikan 10, secara kasar mendekati perkiraan denyut jantung (dalam denyut per menit) seseorang saat beraktivitas dengan intensitas tersebut, sehingga rentang 6-20 dipilih untuk merepresentasikan denyut jantung sekitar 60-200 kali per menit. Skala ini digunakan sebagai indikator tidak langsung dari exercise-induced fatigue yang dialami responden, karena secara desain aslinya skala Borg mengukur tingkat usaha yang dipersepsikan (*rating of perceived exertion*), bukan kelelahan secara langsung. Peneliti menentukan angka pada skala 6-20 yang paling menggambarkan tingkat usaha atau kelelahan yang dirasakan responden, diisi dalam rentang 0-15 menit setelah responden selesai berlari. Skor yang diperoleh kemudian diinterpretasikan ke dalam tiga kategori, yaitu tidak ada kelelahan (skor 6), kelelahan ringan sampai sedang (skor 7-14), dan kelelahan berat (skor 15-20).

4.5 Analisis data

Analisis bivariat merupakan metode analisis data yang digunakan untuk menilai hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Pada penelitian ini, analisis bivariat digunakan untuk menilai hubungan antara rutinitas latihan fisik dengan *exercise-induced fatigue*. Uji statistik yang digunakan adalah uji *chi-square* dengan tingkat kepercayaan 95%. Hubungan antarvariabel dinyatakan bermakna secara statistik apabila diperoleh nilai $p < 0,05$. Seluruh analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 29.

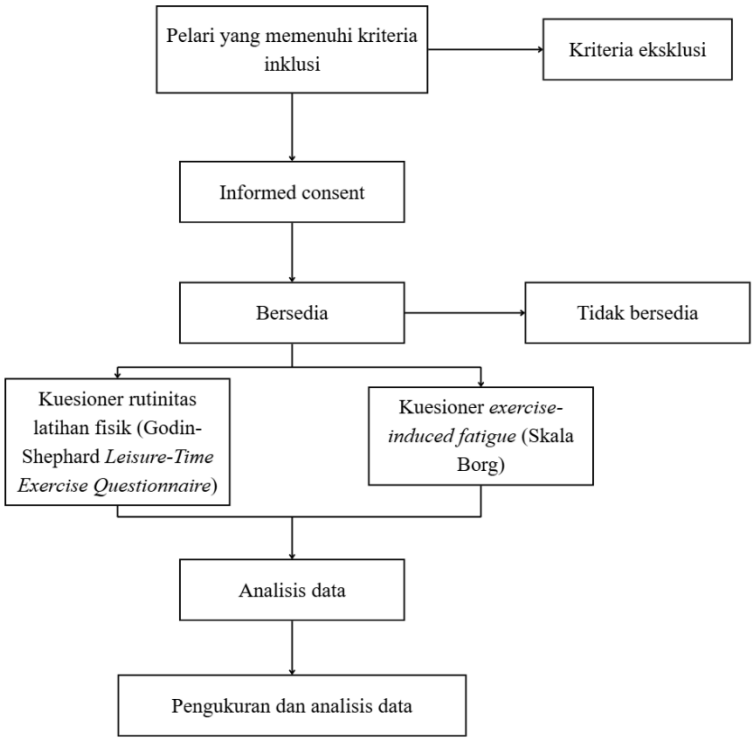
4.5.1 Analisis univariat

Analisis univariat bertujuan untuk melihat gambaran masing-masing variabel tanpa melihat hubungan antar variabel. Data yang ditampilkan berupa distribusi frekuensi dan persentase dari karakteristik responden, tingkat rutinitas latihan fisik, dan *exercise-induced fatigue*.

4.5.2 Analisis bivariat

Analisis bivariat digunakan untuk menilai hubungan antara rutinitas latihan fisik dengan EIF pada pelari. Uji statistik yang digunakan adalah uji chi-square dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila syarat uji chi-square tidak terpenuhi, yaitu terdapat sel dengan nilai harapan (*expected count*) kurang dari 5 pada lebih dari 20% sel dalam tabel silang, maka digunakan uji alternatif Fisher's exact test. Hubungan antarvariabel dinyatakan bermakna secara statistik apabila diperoleh nilai $p < 0,05$.

4.6 Alur kerja penelitian



Gambar 3. Alur kerja

4.7 Etika penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan atas dasar persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti. Pelaksanaan di lapangan dilakukan melalui *informed consent* mengenai kerahasiaan informasi yang diberikan oleh responden dan semua tindakan yang dilakukan dalam penelitian ini bersifat sukarela. Responden telah menandatangani persetujuan untuk menjadi responden dan dapat mengundurkan diri apabila tidak bersedia menjadi responden.

4.8 Penjadwalan penelitian

Tabel 3. Penjadwalan pelaksanaan penelitian

Kegiatan	Tahun 2026											
	Februari		Maret		April		Mei		Juni		Juli	
	1	28	1	31	1	30	1	31	1	30	1	31
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												

DAFTAR PUSTAKA

1. de Oliveira Assumpção C, Barreto RV, de Lima LCR, et al. A single bout of downhill running attenuates subsequent level running-induced fatigue. Sci Rep. 2020;10(1). doi: 10.1038/s41598-020-76008-2
2. Liu X, Liu J. Research progress on exercise fatigue from the perspective of fatigue biomarkers. PeerJ. 2026;14. doi: 10.7717/peerj.20424
3. Tornero-Aguilera JF, Jimenez-Morcillo J, Rubio-Zarapuz A, Clemente-Suárez VJ. Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. Vol. 19, International Journal of Environmental Research and Public Health. MDPI; 2022. doi: 10.3390/ijerph19073909
4. Ad Daulah RR, Sefrina LR, Elvandari MR. Hubungan Motivasi Olahraga, Durasi Tidur dan Durasi Latihan dengan Tingkat Kelelahan pada Atlet Taekwondo. JPP (Jurnal Kesehatan Poltekkes Palembang). 2025;20(2):212–9. doi: 10.36086/jpp.v20i2.3638
5. Tornero-Aguilera JF, Jimenez-Morcillo J, Rubio-Zarapuz A, Clemente-Suárez VJ. Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained: A Narrative Review. Vol. 19, International Journal of Environmental Research and Public Health. MDPI; 2022. doi: 10.3390/ijerph19073909
6. Vabishchevich V, Smith RT, Bittel AJ. Markers of clinical and mitochondrial adaptation in response to moderate intensity continuous training: A systematic review and meta-analysis. PLoS One. 2026;21(1 January). doi: 10.1371/journal.pone.0339902
7. Puetz TW, Flowers SS, O'Connor PJ. A randomized controlled trial of the effect of aerobic exercise training on feelings of energy and fatigue in sedentary young adults with persistent fatigue. Psychother Psychosom. 2008;77(3):167–74. doi: 10.1159/000116610
8. Romero-Ramos O, Niźnikowski T, Litwiniuk A, Fernández-Rodríguez E, Suárez AJG, Smuka I. Assessment of perceived exertion among runners: exploring the interplay of heart rate, performance and sports habits. Journal of Physical Education and Sport. 2024;24(2):397–406. doi: 10.7752/jpes.2024.02048

9. Thuany M, Petreça D, de Lira CAB. Leveraging the Global Growth of Running to Promote Physical Activity at the Populational Level. Vol. 23, Journal of Physical Activity and Health. Human Kinetics Publishers Inc.; 2026. p. 577–8. doi: 10.1123/jpah.2025-0827
10. Gauffin H, Tillander B, Dahlström Ö, et al. Maintaining motivation and health among recreational runners: Panel study of factors associated with self-rated performance outcomes at competitions. J Sci Med Sport. 2019;22(12):1319–23. doi: 10.1016/j.jsams.2019.07.004
11. McKay AKA, Stellingwerff T, Smith ES, et al. Defining Training and Performance Caliber: A Participant Classification Framework. Int J Sports Physiol Perform. 2022;17(2):317–31. doi: 10.1123/ijspp.2021-0451
12. Boullosa D, Esteve-Lanao J, Casado A, Peyré-Tartaruga LA, Da Rosa RG, Del Coso J. Factors affecting training and physical performance in recreational endurance runners. Vol. 8, Sports. MDPI AG; 2020. doi: 10.3390/sports8030035
13. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity . 2017;14(1). doi: 10.1186/s12966-017-0525-8
14. Park JH, Moon JH, Kim HJ, Kong MH, Oh YH. Sedentary Lifestyle: Overview of Updated Evidence of Potential Health Risks. Korean J Fam Med. 2020;41(6):365–73. doi: 10.4082/KJFM.20.0165
15. Sun J, Liu G, Sun Y, Lin K, Zhou Z, Cai J. Application of Surface Electromyography in Exercise Fatigue: A Review. Vol. 16, Frontiers in Systems Neuroscience. Frontiers Media S.A.; 2022. doi: 10.3389/fnsys.2022.893275
16. Kumar S, Sahu N, Jawaid T, Jayasingh Chellammal HS, Upadhyay P. Dual role of lactate in human health and disease. Vol. 16, Frontiers in Physiology. Frontiers Media SA; 2025. doi: 10.3389/fphys.2025.1621358

17. Rogatzki MJ, Ferguson BS, Goodwin ML, Gladden LB. Lactate is always the end product of glycolysis. Front Neurosci. 2015;9(FEB). doi: 10.3389/fnins.2015.00022
18. Cairns SP, Lindinger MI. Lactic acidosis: implications for human exercise performance. Vol. 125, European Journal of Applied Physiology. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2025. p. 1761–95. doi: 10.1007/s00421-025-05750-0
19. Hargreaves M, Spriet LL. Skeletal muscle energy metabolism during exercise. Vol. 2, Nature Metabolism. Nature Research; 2020. p. 817–28. doi: 10.1038/s42255-020-0251-4
20. Gastin PB, Suppiah HT. Anaerobic and Aerobic Energy System Contribution During Maximal Exercise: A Systematic Review. Sports Medicine. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2026. doi: 10.1007/s40279-026-02414-7
21. Huang T, Liang Z, Wang K, Miao X, Zheng L. Novel insights into athlete physical recovery concerning lactate metabolism, lactate clearance and fatigue monitoring: A comprehensive review. Vol. 16, Frontiers in Physiology. Frontiers Media SA; 2025. doi: 10.3389/fphys.2025.1459717
22. Letnes JM, Nes BM, Wisløff U. Age-related decline in peak oxygen uptake: Cross-sectional vs. longitudinal findings. A review. Vol. 16, International Journal of Cardiology: Cardiovascular Risk and Prevention. Elsevier B.V.; 2023. doi: 10.1016/j.ijcrp.2023.200171
23. Jabbour G, Majed L. Ratings of perceived exertion misclassify intensities for sedentary older adults during graded cycling test: Effect of supramaximal high-intensity interval training. Front Physiol. 2018;9(OCT). doi: 10.3389/fphys.2018.01505
24. Xiang L, Deng K, Mei Q, et al. Population and Age-Based Cardiorespiratory Fitness Level Investigation and Automatic Prediction. Front Cardiovasc Med. 2021;8. doi: 10.3389/fcvm.2021.758589
25. Rapp D, Scharhag J, Wagenpfeil S, Scholl J. Reference values for peak oxygen uptake: Cross-sectional analysis of cycle ergometry-based

cardiopulmonary exercise tests of 10 090 adult German volunteers from the Prevention First Registry. BMJ Open. 2018;8(3). doi: 10.1136/bmjopen-2017-018697

26. Grummt M, Hafermann L, Claussen L, Herrmann C, Wolfarth B. Rating of Perceived Exertion: A Large Cross-Sectional Study Defining Intensity Levels for Individual Physical Activity Recommendations. Sports Med Open. 2024;10(1). doi: 10.1186/s40798-024-00729-1
27. Ansdell P, Thomas K, Hicks KM, Hunter SK, Howatson G, Goodall S. Physiological sex differences affect the integrative response to exercise: acute and chronic implications. Vol. 105, Experimental Physiology. Blackwell Publishing Ltd; 2020. p. 2007–21. doi: 10.1113/EP088548
28. James JJ, Mellow ML, Bueckers EP, et al. Sex differences in human skeletal muscle fiber types and the influence of age, physical activity, and muscle group: A systematic review and meta-analysis. Physiol Rep. 2025;13(21):e70616. doi: 10.14814/phy2.70616
29. Cano A, Ventura L, Martinez G, et al. Analysis of sex-based differences in energy substrate utilization during moderate-intensity aerobic exercise. Vol. 122, European Journal of Applied Physiology. Springer Science and Business Media Deutschland GmbH; 2022. p. 29–70. doi: 10.1007/s00421-021-04802-5
30. Périard JD, Eijsvogels TMH, Daanen HAM. Exercise under heat stress: Thermoregulation, hydration, performance implications, and mitigation strategies. Vol. 101, Physiological Reviews. American Physiological Society; 2021. p. 1873–979. doi: 10.1152/physrev.00038.2020
31. Solberg A, Reikvam H. Iron Status and Physical Performance in Athletes. Vol. 13, Life. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2023. doi: 10.3390/life13102007
32. Duñabeitia I, González-Devesa D, Varela-Martínez S, Diz-Gómez JC, Ayán-Pérez C. Effect of physical exercise in people with hypothyroidism: systematic review and meta-analysis. Scand J Clin Lab Invest. 2023;83(8):523–32. doi: 10.1080/00365513.2023.2286651

33. Sawicka-Gutaj N, Erampamoorthy A, Zybek-Kocik A, et al. The Role of Thyroid Hormones on Skeletal Muscle Thermogenesis. Vol. 12, Metabolites. MDPI; 2022. doi: 10.3390/metabo12040336
34. Pecchia B, Samuel R, Shah V, Newman E, Gibson GT. Mechanisms of exercise intolerance in heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF). Vol. 30, Heart Failure Reviews. Springer; 2025. p. 777–89. doi: 10.1007/s10741-025-10504-3
35. Priel E, Wahab M, Mondal T, et al. The Impact of beta blockade on the cardio-respiratory system and symptoms during exercise. Curr Res Physiol. 2021;4:235–42. doi: 10.1016/j.crphys.2021.10.002
36. Stavrinou PS, Astorino TA, Giannaki CD, Aphamis G, Bogdanis GC. Customizing intense interval exercise training prescription using the "frequency, intensity, time, and type of exercise" (FITT) principle. Vol. 16, Frontiers in Physiology. Frontiers Media SA; 2025. doi: 10.3389/fphys.2025.1553846
37. Høyer-Kruse J, Schmidt EB, Hansen AF, Pedersen MRL. The interplay between social environment and opportunities for physical activity within the built environment: a scoping review. BMC Public Health. 2024;24(1). doi: 10.1186/s12889-024-19733-x
38. Abdelhay O, Altamimi M, Abdelhay Q, et al. Perceived barriers to physical activity and their predictors among adults in the Central Region in Saudi Arabia: Gender differences and cultural aspects. PLoS One. 2025;20(2 February). doi: 10.1371/journal.pone.0318798
39. Wang X, Jiang Y. The effect of family support on junior high school students' engagement in physical education—A moderated chain mediation model. Front Psychol. 2025;16. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1606642
40. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. Vol. 54, British Journal of Sports Medicine. BMJ Publishing Group; 2020. p. 1451–62. doi: 10.1136/bjsports-2020-102955

41. Seiler S. What is Best Practice for Training Intensity and Duration Distribution in Endurance Athletes? Vol. 5, BRIEF REVIEW International Journal of Sports Physiology and Performance. 2010.
42. Chen J, Cui W, Xie J. Effect of exercise based on ACSM recommendations on blood pressure and heart rate in hypertensive patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. PLOS Global Public Health. 2024;4(12). doi: 10.1371/journal.pgph.0003743
43. Ingram LA, Tomkinson GR, d'Unienville NMA, et al. Optimising the Dose of Static Stretching to Improve Flexibility: A Systematic Review, Meta-analysis and Multivariate Meta-regression. Sports Medicine. 2025;55(3):597–617. doi: 10.1007/s40279-024-02143-9
44. Barakou I, Sakalidis KE, Abonie US, Finch T, Hackett KL, Hettinga FJ. Effectiveness of physical activity interventions on reducing perceived fatigue among adults with chronic conditions: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. Sci Rep. 2023;13(1). doi: 10.1038/s41598-023-41075-8
45. Hsieh PN, Shen S, Chukwurah MI, et al. Athlete's Heart Revisited: Historical, Clinical, and Molecular Perspectives. Circ Res. 2025;137(2):231–54. doi: 10.1161/CIRCRESAHA.125.325638
46. Dziembowska I, Wójcik M, Bukowski J, Żekanowska E. Physical training increases erythroferrone levels in men. Biology (Basel). 2021;10(11). doi: 10.3390/biology10111215
47. Dridi R, Dridi N, Govindasamy K, et al. Effects of endurance training intensity on pulmonary diffusing capacity at rest and after maximal aerobic exercise in young athletes. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(23). doi: 10.3390/ijerph182312359
48. Jabbour G, Iancu HD. Supramaximal-Exercise Training Improves Heart Rate Variability in Association With Reduced Catecholamine in Obese Adults. Front Physiol. 2021;12. doi: 10.3389/fphys.2021.654695
49. Tripp TR, Ghitter RS, Kontro H, et al. Cardiorespiratory Fitness Improvements Following Low-Frequency Training Are Not Inferior to High-

Frequency Training Matched for Intensity and Volume. Scand J Med Sci Sports. 2025;35(2). doi: 10.1111/sms.70024

50. Reppa CM, Bogdanis GC, Stavrou NAM, Psychountaki M. The Effect of Aerobic Fitness on Psychological, Attentional and Physiological Responses during a Tabata High-Intensity Interval Training Session in Healthy Young Women. Int J Environ Res Public Health. 2023;20(2). doi: 10.3390/ijerph20021005
51. Rahman F, Salsabila BI, Budi IS, Ramadhani DT, Hidayat S, Azizan A. The validity and reliability of the Indonesian version of the Godin-Shepard's Leisure time physical activity questionnaire. Health, Sport, Rehabilitation. 2025;11(2):22–34. doi: 10.58962/HSR.2025.11.2.22-34
52. Gunnar Borg. Borg's Perceived Exertion and Pain Scales.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Dummy table* univariat karakteristik sosiodemografi, rutinitas latihan fisik, dan *exercise-induced fatigue* pada pelari

Variabel	Rerata ± SD/median (min-maks)	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Usia (tahun)			
Dewasa awal (18 – 40 tahun)			
Dewasa akhir (41-60 tahun)			
Jenis kelamin			
Laki-laki			
Perempuan			
Rutinitas latihan fisik			
Aktif			
Cukup aktif			
Kurang aktif			
Exercise-induced fatigue			
Tidak ada			
Ringan-sedang			
Berat			

Lampiran 2. *Dummy table* bivariat hubungan antara rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue*

Rutinitas Latihan fisik	*Exercise-induced fatigue*			Total (%) Nilai p
	Tidak ada (%)	Ringan-sedang (%)	Berat (%)	
GLTEQ				
Aktif				
Cukup aktif				
Kurang aktif				

Analisis data menggunakan uji *chi-square* batas kemaknaan yang digunakan $p < 0,05$

Lampiran 3. Godin-Shephard *Leisure-Time Exercise Questionnaire* (GLTEQ)

Nama :

Usia :

Jenis kelamin :

Apakah anda merupakan anggota komunitas pelari rekreasional ”Ducksters”? Ya/Tidak

Apakah anda mengalami gejala anemia atau riwayat penyakit gangguan tiroid atau riwayat penyakit jantung dalam 1 bulan ke belakang?

Apakah Anda sedang dalam pengobatan dengan obat beta-blocker? (Atenolol, Bisoprolol, Metoprolol, Acebutolol, Propranolol, Timolol, Carvedilol, Labetalol, atau Nebivolol)?

KUESIONER – LATIHAN FISIK PADA WAKTU LUANG

Dalam **periode 7 hari** (seminggu), berapa kali rata-rata Anda melakukan latihan fisik berikut selama **lebih dari 15 menit** pada waktu luang Anda (tuliskan angkanya di setiap kolom).

Skor latihan fisik mingguan pada waktu luang = (9 × Berat) + (5 × Sedang) + (3 × Ringan)

	Jumlah Per Minggu	Skor Per Kali	Total Skor
a) **LATIHAN FISIK BERAT (JANTUNG BERDETAK CEPAT)** (misalnya: lari, jogging, hoki, sepak bola, *squash*, bola basket, ski lintas alam, judo, sepatu roda, renang cepat, sepeda cepat jarak jauh)		X9	
b) **LATIHAN FISIK SEDANG (TIDAK MELELAHKAN)** (misalnya: jalan cepat, bisbol, tenis, sepeda santai, bola voli, bulu tangkis, renang santai, ski alpen, tarian rakyat dan populer)		X5	
c) **LATIHAN FISIK RINGAN (DENGAN SEDIKIT USAHA)** (misal: yoga, panahan, memancing dari tepi sungai, boling, lempar ladam, golf, mobil salju, jalan santai)		X3	
SKOR LATIHAN FISIK MINGGUAN PADA WAKTU LUANG			

CONTOH
Latihan Fisik Berat = 3 kali/minggu
Latihan Fisik Sedang = 6 kali/minggu
Latihan Fisik Ringan = 14 kali/minggu
Total skor latihan fisik waktu luang = (9 × 3) + (5 × 6) + (3 × 14) = 27 + 30 + 42 = 99

Skor Skala Godin	Penafsiran
24 unit atau lebih	Aktif
14 – 23 unit	Cukup Aktif
Kurang dari 14 unit	Kurang Aktif/Tidak Banyak Gerak

Lampiran 4. Skala Borg

Deskripsi Beratnya Intensitas Kegiatan	**Skala Borg**	**Ciri-ciri responden (*talk sing test*)**
Tidak ada	6	Bisa bicara dan bernyanyi dengan sangat nyaman, tanpa gangguan napas
Amat sangat ringan	7-8	Bicara sangat nyaman
Sangat ringan	9-10	Bicara nyaman, napas belum terpengaruh
Ringan	11-12	Awal tahap Equivocal (EQ), bicara mulai sedikit tidak nyaman, Bicara mulai terputus-putus
Relatif berat	13-14	Bicara mulai sulit dilakukan secara nyaman, kalimat lebih pendek
Berat	15-16	Tahap Negative (NEG): tidak bisa bicara dengan nyaman, kalimat terpotong-potong
Sangat berat	17-18	Tahap Negative lanjut: hanya mampu mengucapkan satu-dua kata di sela napas
Amat Sangat Berat	19-20	Sama sekali tidak bisa bicara atau bernyanyi, napas sepenuhnya untuk kebutuhan otot, tidak bisa berdiri

Denyut nadi= Borg x 10

Skor Borg 6–20:

Tidak ada: ≤ 6

Ringan–sedang: 7–14

Berat: 15–20

Lampiran 5. *Informed consent*

INFORMED CONSENT

Saya Muhammad Wirayudha Satrya Putera Hariyadi, mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti. Saat ini saya sedang mengumpulkan data mengenai hubungan rutinitas latihan fisik dan *exercise-induced fatigue* pada pelari. Pengumpulan data ini adalah salah satu bahan untuk penyusunan tugas akhir (skripsi). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tambahan mengenai hubungan rutinitas latihan fisik dengan *exercise-induced fatigue* pada pelari serta menjadi dasar bagi upaya pencegahan cedera pada populasi tersebut.

Jika Saudara/i bersedia menjadi partisipan, peneliti akan melakukan:

- Mengisi data karakteristik responden yang meliputi usia dan jenis kelamin.
- Mengisi kuesioner GLTEQ (Godin-Shephard *Leisure-Time Exercise Questionnaire*) untuk menilai rutinitas latihan fisik yang dilakukan dalam 7 hari terakhir.
- Mengisi kuesioner skala Borg untuk menilai *exercise-induced fatigue*, diisi segera (0–15 menit) setelah Saudara/i menyelesaikan sesi lari.

Bila ada pertanyaan, Saudara/i dapat menghubungi peneliti (Muhammad Wirayudha Satrya Putera Hariyadi) di nomor telepon 08127333337. Saudara/i bebas untuk menolak ikut serta dalam penelitian ini dan setiap saat berhak untuk tidak melanjutkan ikut serta dalam penelitian ini tanpa memberikan alasan dan tidak akan dikenakan sanksi apa pun. Bila Saudara/i bersedia untuk ikut dalam penelitian ini, saya mohon untuk membubuhkan tanda tangan pada formulir persetujuan di bawah ini.

Jakarta, ... 2026

(NAMA)

Lampiran 6. Formulir persetujuan responden

FORMULIR PERSETUJUAN

Semua penjelasan di atas telah disampaikan kepada saya dan telah saya pahami. Dengan menandatangani formulir ini saya SETUJU SECARA SUKARELA untuk ikut berperan dalam penelitian ini.

Nama peserta penelitian :

Usia :

Jenis kelamin :

Tanda tangan :

Tanggal :