

TESIS

**ANALISIS PERUBAHAN KADAR CREATINE KINASE MYOCARDIAL
BAND (CK-MB) DAN F₂-ISOPROSTANE SETELAH EVENT
BERSEPEDA 30 KM PADA KOMUNITAS SEPEDA
MAKASSAR**

**ANALYSIS OF CHANGES IN CREATINE KINASE MYOCARDIAL BAND
(CK-MB) AND F₂-ISOPROSTANE LEVELS AFTER A 30 KM CYCLING
EVENT IN THE MAKASSAR BIKE COMMUNITY**

MARYAM MARSUKI

P062202030



**PROGRAM STUDI ILMU BIOMEDIK
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS PERUBAHAN KADAR CREATINE KINASE MYOCARDIAL
BAND (CK-MB) DAN F₂-ISOPROSTANE SETELAH EVENT
BERSEPEDA 30 KM PADA KOMUNITAS SEPEDA
MAKASSAR**

ANALYSIS OF CHANGES IN CREATINE KINASE MYOCARDIAL BAND
(CK-MB) AND F₂-ISOPROSTANE LEVELS AFTER 30 KM CYCLING
EVENT IN THE MAKASSAR BIKE COMMUNITY

DISUSUN DAN DIAJUKAN OLEH:

MARYAM MARSUKI

P062202030

PEMBIMBING:

1. Dr.dr.Irfan Idris , M.Kes
2. Dr.Djohan Aras, S.Ft.,Physio, M.Pd., M.Kes

KONSENTRASI FISIOLOGI
PROGRAM STUDI ILMU BIOMEDIK
SEKOLAH PASCASARJANA UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2023

HALAMAN PENGANTAR

**ANALISIS PERUBAHAN KADAR CREATINE KINASE MYOCARDIAL
BAND (CK-MB) DAN F₂-ISOPROSTANE SETELAH EVENT
BERSEPEDA 30 KM PADA KOMUNITAS SEPEDA
MAKASSAR**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Ilmu Biomedik

Disusun dan diajukan oleh

MARYAM MARSUKI

P062202030

Kepada

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023

LEMBAR PENGESAHAN TESIS

**ANALISIS PERUBAHAN KADAR CREATINE KINASE MYOCARDIAL BAND
(CK-MB) DAN F₂-ISOPROSTANE SETELAH EVENT BERSEPEDA 30 KM
PADA KOMUNITAS SEPEDA MAKASSAR**

Disusun dan diajukan oleh

MARYAM MARSUKI

P062202030

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Magister Ilmu Biomedik
Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 23 Februari 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

Pembimbing Utama



Dr.dr.Irfan Idris.,M.Kes
NIP: 19671103 199802 1 001

Pembimbing Pendamping



Dr.Djohan Aras.,S.Ft.,Physio.,M.Pd.,M.Kes
NIP: 19550705 197601 1 009

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Biomedik



dr.Rahmawati.,Ph.D.,Sp.PD-KHOM.,FINASIM
NIP: 19680218 199903 2 002

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin



Prof.dr.Budu.,Ph.D.,Sp.M(K),M.MedEd
NIP: 19661231 199503 1 009

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maryam Marsuki
NIM : P062202030
Jurusan/Program Studi : Fisiologi/Illmu Biomedik

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa tesis yang berjudul “Analisis Perubahan Kadar Creatine Kinase Myocardial Band (CK-MB) Dan F₂-Isoprostane Setelah Event Bersepeda 30 Km Pada Komunitas Sepeda Makassar” adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya didalam naskah tesis ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan/ditulis/diterbitkan sebelumnya, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar Pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata di dalam naskah tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 11 Januari 2023

Yang membuat pernyataan



Maryam Marsuki

PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Segala puji dan syukur kepada Allah Subhanahu Wata'aala karena dengan segala karunia dan pertolongannya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul "Analisis Perubahan Kadar Creatine Kinase Myocardial Band (CK-MB) dan F₂-isoprostane Setelah Event Bersepeda 30 km Pada Komunitas Sepeda Makassar" sebagai salah satu persyaratan dalam meraih gelar Magister Biomedik pada program studi Ilmu Biomedik Konsentrasi Fisiologi Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. Salam dan shalawat kepada Rasulullah ﷺ yang telah berjuang membawa ummatnya menuju zaman yang terang benderang.

Penulis ingin menyampaikan rasa syukur dan terima kasih kepada kedua ayahanda Marsuki, S.Sos yang telah memberikan dukungan penuh serta doa yang terus mengalir kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tesis ini tepat pada waktunya . Terima kasih kepada ibunda Salmiah Budu rahimahullah yang meskipun tidak lagi kebersamaian di dunia tetapi semangat dan kasih sayangnya selalu hidup dalam jiwa penulis. Terima kasih kepada saudara-saudara ku, keluarga dan sahabat-sahabat yang selalu mendukung dan menyemangati .

Penulis menyadari banyak kekurangan dalam penyusunan tesis ini, mohon maaf atas kekurangan dan kesalahan tersebut. Oleh karena itu, pada kesempatan ini pula penulis menghaturkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. dr. Irfan Idris, m.kes selaku pembimbing I dan Dr. Djohan Aras .,S.Ft.Physio.,M.pd, M.kes selaku pembimbing II atas bimbingan, ilmu, motivasi, serta serta sumbangsih pemikiran dan material dalam penelitian dan penyusunan tesis ini .
2. Dr. dr.Ilhamjaya Pattellongi., m.kes; Prof.Dr.dr.Andi Wardihan Sinrang., MS dan DR. Nukrawi Nawir.,M.kes.,AIFO selaku penguji tesis dan memberi masukan untuk penulis dalam menyusun tesis ini.

3. Para dosen dan staf program studi biomedik pascasarjana Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr.A. Mushawwir Taiyyeb atas bimbingannya selama penelitian di lapangan.
5. Staf dan pegawai laboratorium HUM-RC RS Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu terkhusus ibu handayani dan kak eka saputra yang telah mendampingi proses pengambilan sampel dan pengerjaan sampel di laboratorium.
6. Teman-teman seperjuangan penelitian kak eka , kak risna , kak fany dan dokter donna yang selalu memotivasi satu sama lain.
7. Terima kasih kepada para sampel yang bersedia berkontribusi dalam jalannya penelitian ini. Semoga keikutsertaan para sampel bernilai amal jariyah, sehat, selalu.
8. Untuk semua pihak yang turut membantu namun tidak sempat disebutkan namanya, Penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan keikhlasannya. Semoga Allah membalasnya.

Tiada lain harapan penulis, semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi mereka yang membacanya untuk pengembangan ilmu pengetahuan. Akhirnya kepada Allah SWT kita memohon taufik dan hidayah-Nya serta ganjaran berganda untuk kita sekalian. Amin

Makassar, 18 Februari 2023

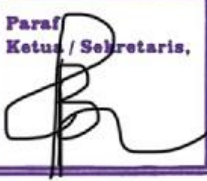
Penulis

ABSTRAK

MARYAM MARSUKI. Analisis Perubahan Kadar Creatine Kinase Myocardial Band (CK-MB) Dan F₂-Isoprostane Setelah Event Bersepeda 30 Km Pada Komunitas Sepeda Makassar (dibimbing oleh Irfan Idris dan Djohan Aras)

Saat bersepeda, kerja jantung meningkat. Peningkatan kadar CK-MB menjadi penanda kerusakan jaringan miokardium. Selain itu, F₂-isoprostane menjadi penanda stress oksidatif akibat peningkatan konsumsi oksigen selama olahraga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane setelah event bersepeda 30 km pada komunitas sepeda Makassar. Penelitian ini adalah penelitian *pre-eksperimental* dengan *one group pretest-posttest design* pada 30 subjek pesepeda pria usia 30-60 tahun. Teknik sampling yang digunakan adalah metode *purposive sampling*. Pretest dilakukan sehari sebelum event bersepeda 30 km, kemudian post-test dilakukan 2 jam setelah event bersepeda. Pengujian darah dilakukan dengan ELISA Kit. Data dianalisis menggunakan uji *Wilcoxon* untuk melihat perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane setelah event bersepeda. Uji *Mann whitney* digunakan untuk melihat perbedaan perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok usia, kecepatan rata-rata, kategori latihan, IMT, VO_{2max} dan perokok. Korelasi perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane dianalisis menggunakan uji spearman. Hasil penelitian ini menemukan bahwa setelah event bersepeda 30 km terjadi perubahan kadar CKMB yang signifikan pada pesepeda usia 46-60 tahun, kecepatan cepat, untrained, IMT Ideal, VO_{2max} baik dan buruk, kelompok perokok dan nonperokok ($p < 0.05$). Sementara itu, kadar F₂-isoprostane tidak berubah secara signifikan ($p > 0.05$) kecuali pada kelompok perokok. Perubahan kadar CK-MB berkorelasi dengan perubahan kadar F₂-isoprostane yang menunjukkan keterkaitannya terhadap gangguan fungsi kardiovaskular pada pesepeda (0.042).

Kata kunci: bersepeda, CK-MB, F₂-isoprostane, stress oksidatif, miokardium

 GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa.	Paraf Ketua / Sekretaris,
Tanggal : _____	

ABSTRACT

MARYAM MARSUKI. *Analysis Of Changes In Creatine Kinase Myocardial Band (CK-MB) And F₂-Isoprostane Levels After A 30 Km Cycling Event In The Makassar Bike Community (supervised by Irfan Idris and Djohan Aras)*

When cycling, the work of the heart increases. An increase in CK-MB levels is a marker of myocardial tissue damage. In addition, F₂-isoprostane is an oxidative stress marker due to increased oxygen consumption during exercise. This study aims to determine changes in CK-MB and F₂-isoprostane levels after a 30 km cycling event in the Makassar bike community. This was a pre-experimental study with a one group pretest-posttest design on 30 male cyclists aged 30-60 years. The sampling technique used is purposive sampling method. The pretest was carried out the day before the 30 km cycling event, then the post-test was carried out 2 hours after the cycling event. Blood testing is done with an ELISA Kit. Data were analyzed using the Wilcoxon test to see changes in CK-MB and F₂-isoprostane levels after cycling events. The Mann Whitney test was used to see differences in changes in CK-MB and F₂-isoprostane levels in the age group, average speed, exercise category, BMI, VO_{2max} and smokers. Correlation of changes in CK-MB and F₂-isoprostane levels was analyzed using the Spearman test. The results of this study found that after a 30 km cycling event there was a significant change in CKMB levels in cyclists aged 46-60 years, fast speed, untrained, Ideal BMI, good and bad VO_{2max}, smokers and non-smokers ($p < 0.05$). Meanwhile, F₂-isoprostane levels did not change significantly ($p > 0.05$) except in the smoker group. Changes in CK-MB levels are correlated with changes in F₂-isoprostane levels which show a link to impaired cardiovascular function among cyclist (0.042).

Keyword: *cycling , CK-MB, F₂-isoprostane, oxidative stress, myocardium*

	
GUGUS PENJAMINAN MUTU (GPM) SEKOLAH PASCASARJANA UNHAS	
Abstrak ini telah diperiksa.	Paraf Ketua / Sekretaris.
Tanggal : _____	

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	v
PRAKATA	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
A. Tinjauan Tentang Olahraga Bersepeda	6
B. Tinjauan Tentang <i>Creatine Kinase Myocardial Band</i> (CKMB)...	11
C. Tinjauan Tentang Tinjauan Tentang <i>F₂ Isoprostane</i>	14
D. Tinjauan Tentang Kategori Subjek Pesepeda	16
E. Tinjauan Tentang Hubungan Antara Perubahan <i>F₂ Isoprostane</i> dan CKMB Dengan Kategori Subjek Pesepeda	23
F. Kerangka Teori.....	30
G. Kerangka Konsep.....	31
H. Hipotesis	31
I. Definisi Operasional dan Kriteria Objektif.....	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	36
A. Desain Penelitian	36
B. Waktu Dan Tempat Penelitian.....	36
C. Populasi Dan Sampel.....	37
D. Variabel Penelitian	38
E. Prosedur Penelitian	39
F. Pengumpulan Data	40
G. Analisis Data	41
H. Etika Penelitian	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
A. Hasil Penelitian	43
B. Pembahasan	55
BAB IV PENUTUP	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN	74

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Definisi aktivitas fisik, latihan fisik, <i>sport</i> atau olahraga, serta inaktivitas fisik dan <i>sedentary behaviours</i>	7
2.2 Distribusi pesepeda lintas umur dan jenis kelamin.	8
2.3 Kategori pesepeda.....	11
2.4 Sirkuit PCr.....	12
2.5 Biomarker CKMB pre, post dan post 28 hari setelah 14 hari bersepeda pada 6 laki-laki dewasa.....	13
2.6 Penyebab genetic SCD pada atlet.....	14
2.7 Produk peroksidasi asam arakidonat yang diinduksi radikal bebas	15
2.8 Keterlibatan F ₂ Isoprostane dalam berbagai kondisi patologis tubuh manusia.....	16
2.9 Efisiensi olahraga.....	17
2.10 Usia Rata-Rata SD dalam olahraga.....	18
2.11 Volume dan kecepatan rata-rata pesepeda	19
2.12 Prediksi kecepatan perjalanan pengendara sepeda di bawah tiga jenis kondisi jalan yang berbeda.....	19
2.13 Patogenesis kardiomiopati atlet <i>endurance</i>	24
2.14 Angka <i>Sudden Death</i> pada berbagai kategori olahraga	25
2.15 Model teoritis kerusakan otot dan siklus perbaikan direproduksi dari Kendall dan Eston.....	26
2.16 Hubungan F ₂ -Isoprostane dengan IMT	27
2.17 Hipotesis ROS pada kelelahan otot	28
3.1 Desain Penelitian	36
3.2 Prosedur Penelitian.....	39
4.1 Grafik CK-MB dan Usia.....	47
4.2 Grafik CK-MB dan Kecepatan.....	48
4.3 Grafik CK-MB dan kategori latihan.....	48
4.4 Grafik CK-MB dan IMT.....	48
4.5 Grafik CK-MB dan VO ₂ max.....	49
4.6 Grafik CK-MB dan kelompok perokok.....	49
4.7 Grafik F ₂ -Isoprostane dan Usia	52
4.8 Grafik F ₂ -Isoprostane dan Kecepatan	52
4.9 Grafik F ₂ -Isoprostane dan kategori latihan	53
4.10 Grafik F ₂ -Isoprostane dan IMT	53
4.11 Grafik F ₂ -Isoprostane dan VO ₂ max	53
4.12 Grafik F ₂ -Isoprostane dan kelompok perokok	54
4.13 Scatterdot korelasi CK-MB dan F ₂ -Isoprostane.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Distribusi karakteristik umum subjek pesepeda	43
Tabel 4.2. Hasil pemeriksaan baseline subjek pesepeda	44
Tabel 4.3. Analisis perubahan kadar CK-MB	45
Tabel 4.4. Analisis perubahan kadar F2-isoprostane	50
Tabel 4.5. Korelasi perubahan kadar CK-MB dan F2-isoprostane	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kuisisioner Penelitian	74
Lampiran 2. Surat Persetujuan Etik	76
Lampiran 3. Surat Keterangan Selesai Penelitian.....	77
Lampiran 4. Informed Consent.....	78
Lampiran 5. Hasil Analisis Data SPSS.....	79
Lampiran 6. Dokumentasi	85
Lampiran 7. Riwayat Hidup.....	87

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG MASALAH

Sejak pandemi Covid-19 menyebar ke seluruh dunia pada tahun 2019, kegiatan bersepeda berkembang menjadi trend di kalangan masyarakat (Putra et al., 2021). Olahraga beregu dan *indoor* diubah menjadi aktivitas olahraga diluar ruangan dan bersifat individual sehingga terjadi peningkatan olahraga bersepeda dan aktivitas berjalan kaki diruang publik perkotaan yang padat penduduk (Schweizerid et al., 2021) (Barbarossa, 2020). Di Amerika Serikat , peningkatan lalu lintas bersepeda terjadi hampir 100% (BBC News, 2020). Aktivitas bersepeda meningkat salah satu alasannya karena memenuhi kebijakan dan prinsip *physical distancing* selama *lockdown* akibat pandemi (Doubleday et al., 2021) (Budi et al., 2021) (Deniati & Annisaa, 2021).

Bersepeda dapat menjadi pilihan olahraga sederhana untuk menjaga kesehatan (Pane, 2015). Meskipun bersepeda adalah aktivitas yang berdampak rendah, namun frekuensi , intensitas dan durasi kegiatan bersepeda perlu dipertimbangkan. Bersepeda telah dibuktikan memiliki manfaat terhadap kondisi jantung dan paru, namun ketika dilakukan berlebihan maka dapat berisiko terhadap gangguan kardiovaskular dan memicu kematian mendadak akibat henti jantung atau *Sudden Cardiac Death* (Marijon et al., 2011). Kematian jantung mendadak (SCD) adalah penyebab medis paling umum dari kematian mendadak pada atlet, berkisar dari 1 dalam 40.000 hingga 1 dalam 80.000 atlet per tahun (Wasfy et al., 2016) (Sweeting & Semsarian, 2018) (Harmon et al., 2015). Meskipun begitu, kematian mendadak dari seorang atlet adalah kejadian langka (Santos-Lozano et al., 2016) .

CK-MB (*Creatine Kinase- Myocardial Band*) adalah isoenzim dari CK (Creatine Kinase) yang terdapat pada berbagai jaringan terutama miokardium. CK-MB merupakan salah satu indikator spesifik untuk mengevaluasi cedera jaringan miokardium terutama dalam diagnosis banding infark miokardium (Chang et al., 2015). Kenaikan kadar enzim CK-MB menandakan adanya kerusakan jaringan pada otot jantung yang dapat bersifat akut atau kronis (Yudiansyah, 2015). Bersepeda dengan intensitas sedang pada pria lanjut usia tidak menunjukkan perubahan fungsi jantung meskipun terjadi kenaikan

sementara pada enzim CK-MB (Morville et al., 2018). Dalam penelitian lain, lamanya durasi dan intensitas aktivitas fisik berpengaruh terhadap perubahan kadar CK-MB (Yudiansyah, 2015).

Pada saat berolahraga, konsumsi oksigen meningkat beberapa kali lipat daripada saat beristirahat sehingga dapat meningkatkan stress oksidatif (Khoramipour et al., 2017). F₂-isoprostane adalah biomarker klinis yang paling sering digunakan untuk mengukur stres oksidatif (Ma et al., 2017) (Arikawa et al., 2013) dan juga penanda penting kerusakan jaringan kardiovaskular (Hockenberry et al., 2014) (Zhang, 2013). Ada pengaruh yang sangat signifikan terhadap kadar F₂-Isoprostane setelah latihan submaximal. Hal ini berkontribusi terhadap pembentukan radikal bebas dan proses inflamasi (Syahrastani et al., 2019).

Perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane dapat terkait dengan berbagai kategori usia, kecepatan, kategori latihan, IMT, VO_{2max} dan merokok. Usia adalah salah satu faktor yang berkontribusi terhadap kemampuan dan kapasitas latihan. Terdapat anjuran mengenai intensitas, volume, frekuensi dan cara berolahraga terutama untuk lansia (Gronek et al., 2021). Jarak dan kecepatan yang lebih rendah dapat menurunkan risiko kematian (Patil et al., 2012). Pada kategori latihan, kapasitas fisik subjek terlatih berbeda dengan yang tidak terlatih (Asnawati et al., 2013). Sementara itu, Indeks Massa Tubuh menjadi parameter untuk berbagai kondisi penyakit khususnya kardiovaskular. Kategori VO_{2max} menilai fungsi terintegrasi jantung dan paru (Poole & Jones, 2017). Adapun merokok sangat tinggi keterkaitannya dengan stress oksidatif dan fungsi jantung dan pembuluh darah (Pathak et al., 2017)(Adams & Morris, 2022).

Penelitian tentang respon jantung terhadap olahraga berat dan continue sangat penting (Corsetti et al., 2012). Hal ini dilakukan menghindari efek negatif akibat overtraining. Dalam aktivitas bersepeda, seperti halnya pada aktivitas atau latihan berat lainnya, screening perlu dilakukan sebelum berpartisipasi dalam sebuah event atau kompetisi (Wasfy et al., 2016) (Harmon et al., 2014).

Komponen FITT (*Frequency, Intensity, Time, Type*) berpengaruh pada berbagai kondisi dan penyakit agar intervensi dapat dikembangkan untuk mencapai target kesehatan tertentu dan menghindari yang berisiko tinggi mengalami efek negatif akibat overtraining (Barisic et al., 2011) (Yudiansyah, 2015). Untuk memperoleh waktu yang cukup untuk recovery pada jantung,

aktivitas fisik membutuhkan FITT yang sesuai (Yudiansyah, 2015). Penelitian *systematic review* menunjukkan aktivitas fisik berfrekuensi rendah, berintensitas tinggi, dan berdurasi pendek lebih efektif meningkatkan kebugaran otot (Wu et al., 2021).

Hasil observasi awal pada komunitas pesepeda SLIM di Makassar, peneliti memperoleh informasi bahwa jumlah anggota komunitas SLIM di Makassar lebih dari 100 orang. Kelompok usia mulai dari 40 tahun hingga 90 tahun. Mereka telah menjalani rutinitas bersepeda intensif lebih dari 1 tahun dan termasuk kategori pesepeda *fun bike*. Kegiatan bersepeda dilakukan setiap hari dengan durasi kurang lebih 1 jam, namun saat weekend, durasi ditingkatkan dengan bersepeda selama kurang lebih 3 jam.

Saat ini, belum ada ukuran mengenai intensitas bersepeda yang tepat dan aman. Studi sebelumnya mengenai perubahan kadar enzim CK-MB (*Creatine Kinase-Myocardial Band*) dan F₂-Isoprostane pada *cyclists*/pesepeda juga masih sedikit dilakukan. Adanya pro kontra akibat latihan submaximal juga menjadi pertimbangan intensitas latihan. Beberapa studi menunjukkan efek negatif latihan terhadap kerusakan otot jantung sementara studi lainnya tidak ditemukan tanda-tanda kerusakan otot jantung setelah latihan dengan durasi dan intensitas tinggi. Oleh karena itu, evaluasi besarnya intensitas latihan terhadap kadar F₂-Isoprostane dan enzim CK-MB masih perlu penelitian yang lebih banyak untuk mendukung hasil dari studi yang telah dilakukan.

Latar belakang tersebut menjadi alasan penulis tertarik untuk menjadikan judul ini sebagai penelitian untuk mengembangkan intervensi dan durasi latihan yang efektif kedepannya. Kriteria subjek yang dipilih adalah kelompok subjek yang homogen berdasarkan usia dan diperoleh berdasarkan data dari strava. Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan sampel darah pre dan post event untuk dilakukan analisis kadar F₂-Isoprostane dan CK-MB.

B. RUMUSAN MASALAH

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah “Bagaimana perubahan kadar CK-MB (*Creatine Kinase Myocardial Band*) dan F₂-Isoprostane setelah event bersepeda 30 km pada komunitas sepeda Makassar ?

C. TUJUAN PENELITIAN DAN MANFAAT PENELITIAN

1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB (*Creatine Kinase Myocardial Band*) dan F₂-Isoprostane pada kelompok usia, kecepatan, kategori latihan, IMT, VO₂max, dan perokok setelah event bersepeda 30 km pada Komunitas pesepeda di Makassar .

2. Tujuan Khusus

- a. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok usia sebelum dan setelah event bersepeda.
- b. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok kecepatan sebelum dan setelah event bersepeda.
- c. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok kategori latihan sebelum dan setelah event bersepeda.
- d. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok IMT sebelum dan setelah event bersepeda.
- e. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok VO₂max sebelum dan setelah event bersepeda.
- f. Untuk mengetahui perubahan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok perokok sebelum dan setelah event bersepeda.
- g. Untuk mengetahui korelasi perubahan kadar CK-MB dengan F₂-Isoprostane sebelum dan setelah event bersepeda.

D. MANFAAT PENELITIAN

1. Bidang Pendidikan

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan informasi akademis mengenai perubahan kadar CK-MB (*Creatine Kinase Myocardial Band*) dan F₂-Isoprostane pada kategori usia, kecepatan rata-rata, kategori latihan , Indeks Massa Tubuh(IMT) , dan kategori perokok.

2. Bidang Penelitian

Hasil penelitian diharapkan dapat menambah data dan informasi untuk penelitian lebih lanjut untuk pengembangan dalam bidang

kedokteran dan olahraga mengenai intervensi berupa frekuensi, intensitas, durasi, waktu jarak tempuh dan kecepatan rata-rata latihan bersepeda yang memberikan efek positif terhadap kadar CK-MB (*Creatine Kinase Myocardial Band*) dan F₂-Isoprostane serta bagaimana itu akan mempengaruhi kondisi kesehatan terutama fungsi kardiovaskular seseorang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. TINJAUAN TENTANG OLAHRAGA BERSEPEDA

1. Defenisi

Sepeda merupakan alat transportasi di jalan raya yang ramah lingkungan (Alfirdaus & Indra Himawan Susanto, 2021). Selain sebagai alat transportasi, sepeda mulai dijadikan sebagai bagian dari aktivitas fisik dan juga olahraga untuk menjaga kesehatan. Aktivitas bersepeda mulai mengalami peningkatan terutama saat COVID-19 ditetapkan sebagai pandemi global (Doubleday et al., 2021). Masyarakat memilih kegiatan olahraga bersepeda karena dapat dilakukan dengan waktu yang efisien mungkin serta tidak membutuhkan keterampilan khusus. (Götschi et al., 2016).

Aktivitas bersepeda merupakan bagian dari aktivitas fisik yang memiliki tujuan sesuai penggunaannya. Aktivitas fisik menurut WHO didefinisikan sebagai setiap gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot rangka yang membutuhkan pengeluaran energi. Semua gerakan tubuh dan aktivitas sehari-hari baik intensitas ringan hingga tingkat tinggi digolongkan sebagai aktivitas fisik. Sementara latihan fisik adalah bagian dari aktivitas fisik yang terprogram serta memiliki tujuan tertentu (Thivel et al., 2018). Rekomendasi dari WHO adalah aktivitas fisik diperlukan kurang lebih 1-2 jam setiap harinya (Götschi et al., 2016).

Masyarakat cenderung memilih jenis aktivitas atau latihan fisik disesuaikan dengan kebutuhan atau kemampuan masing-masing. Olahraga bersepeda menjadi pilihan yang paling banyak diminati oleh masyarakat. Bersepeda adalah salah satu olahraga yang dinilai paling praktis untuk menjaga level kebugaran tubuh seseorang (Chavarrias et al., 2019).

Aktivitas bersepeda bersifat rekreatif dan juga dilakukan untuk mencapai tujuan kesehatan tertentu (Noor et al., 2012). Bersepeda untuk *exercise*, rekreasi atau *sport* dapat dilakukan oleh berbagai kelompok populasi (Titze et al., 2014). Untuk mencapai tujuan dari latihan fisik yang diinginkan, dalam hal ini adalah kegiatan bersepeda, didasarkan pada intensitas atau dosis. Langkah pertama, kita perlu menentukan apakah kegiatan bersepeda

dilakukan untuk mencapai kebugaran/level kesehatan tertentu, atau hanya digunakan sebagai alternatif aktivitas harian dan media hiburan/rekreatif. Untuk memudahkan memahami perbedaan kategori aktivitas fisik, latihan fisik dan olahraga, maka berikut ini adalah gambar yang menjelaskan perbedaan definisi masing - masing kategori aktivitas tersebut.

Gambar 2.1. Definisi aktivitas fisik , latihan fisik, *sport* atau olahraga, serta inaktivitas fisik dan *sedentary behaviours*

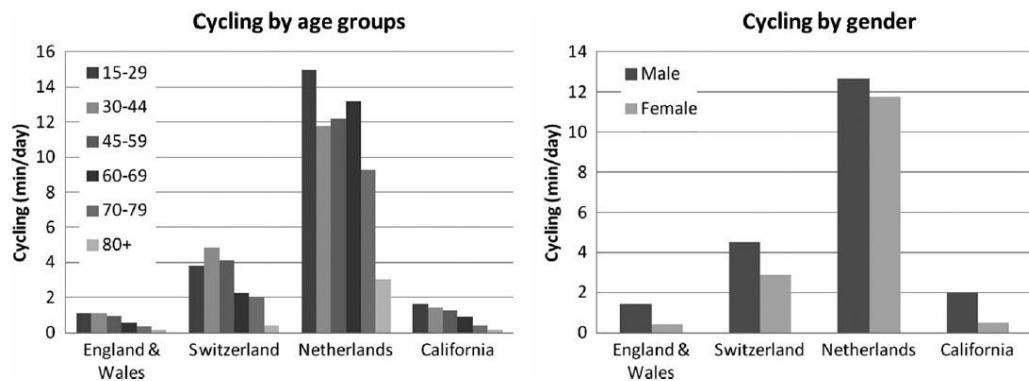
Sumber: (Thivel et al., 2018)

Terms	Definitions
Physical activity	Any body movement generated by the contraction of skeletal muscles that raises energy expenditure above resting metabolic rate. It is characterized by its modality, frequency, intensity, duration, and context of practice (17)
Physical inactivity	Represents the non-achievement of physical activity guidelines
Exercise	Subcategory of physical activity that is planned, structured, repetitive, and that favors physical fitness maintenance or development (17)
Sport	Sport is part of the physical activity spectrum and corresponds to any institutionalized and organized practice, reined over specific rules
Sedentary behaviors	Any waking behaviors characterized by an energy expenditure ≤ 1.5 METs, while in a sitting, reclining, or lying posture (18)

2. Epidemiologi

Bersepeda adalah jenis rekreasi fisik orang dewasa keempat yang paling populer di Australia setelah aktivitas berjalan kaki, aerobic dan berenang. Kegiatan bersepeda pada awalnya dilakukan sebagai kegiatan yang bersifat rekreatif. Prevalensi dari kegiatan bersepeda berdasarkan di wilayah geografis di Australia menunjukkan bahwa secara keseluruhan, 10% orang dewasa Australia bersepeda untuk tujuan rekreasi dalam 12 bulan terakhir. Bersepeda secara signifikan lebih tinggi untuk pria daripada wanita, dan bagi mereka yang berusia antara 25 dan 54 tahun dibandingkan dengan kelompok usia termuda dan lebih tua (Titze et al., 2014). Selain itu, Belanda memiliki tingkat aktivitas bersepeda yang tinggi seperti ditunjukkan dalam gambar 2.2 (Götschi et al., 2016).

Gambar 2.2. Distribusi bersepeda lintas kelompok umur dan jenis kelamin dalam perbandingan internasional
Sumber : (Götschi et al., 2016).



Berdasarkan data dari BBC News , pada tahun 2020, angka prevalensi kegiatan bersepeda meningkat secara signifikan di berbagai negara di dunia, termasuk Indonesia. Hal ini dikaitkan dengan efek pandemi COVID-19 yang menjadikan kegiatan bersepeda yang awalnya hanya sebagai media rekreasi menjadi salah satu aktivitas fisik untuk menunjang kesehatan yang kemudian berkembang menjadi tren . Data dari Institute for Transportation & Development Policy (ITDP) menunjukkan jumlah pesepeda yang berlalu lintas di Jakarta meningkat hingga 1.000%. Setelah perkantoran diizinkan beroperasi kembali, dalam sehari jumlah pesepeda di kawasan bisnis Dukuh Atas naik, dari rata-rata 10 menjadi 235 pesepeda. Di lingkup internasional, selama tiga pekan pertama pada April 2020, jumlah pesepeda di kota Edinburgh, Skotlandia, meningkat 252% selama hari kerja. Pada akhir pekan, jumlahnya naik hampir dua kali lipat menjadi 454%. Data itu dihimpun organisasi Cycling Scotland. Dalam jurnal “COVID-19: Scotland’s Transport and Travel Trends” , pada tahun 2019 aktivitas bersepeda lebih tinggi pada enam bulan pertama saat pandemi COVID-19 menyebar di Skotlandia (Transport Scotland Gov, 2021). Ledakan pesepeda juga terjadi di berbagai kota di Amerika Serikat. Tren itu dicatat Eco-Counter, lembaga pengumpul data yang berkaitan dengan pesepeda dan pedestrian. Menurut mereka, peningkatan lalu lintas pesepeda paling tajam terjadi di kawasan barat daya AS, hampir 100% (Budi, Widyaningsih, Nur, & Agustan, 2021).

Dalam sebuah penelitian di Kabupaten Nganjuk Indonesia, minat masyarakat bersepeda pada masa pandemi Covid-19 meningkat dan menunjukkan angka persentase yang paling tinggi (Putra et al., 2021). Di Kabupaten Tuban, , Jawa timur, Indonesia terjadi peningkatan aktivitas bersepeda

di masyarakat dengan tujuan utama untuk meningkatkan imun dan performa kesehatan selama pandemi COVID-19 sementara tujuan lainnya hanyalah untuk mengikuti tren (Alfirdaus & Indra Himawan Susanto, 2021). Sementara itu, penelitian yang dilakukan di 3 kota di Amerika Serikat yaitu Houston, New York, dan Seattle menunjukkan peningkatan signifikan aktivitas berjalan kaki dan bersepeda saat kebijakan stay at home diberlakukan (Doubleday et al., 2021).

3. Fisiologi Otot pada Saat Bersepeda

Tubuh menyentuh sepeda di tiga area: tangan, kursi, dan kaki . Momen beban yang bekerja pada sumbu sendi pinggul, lutut dan pergelangan kaki bilateral ditemukan secara umum lebih rendah daripada yang diinduksi selama berjalan normal. Momen beban varus dan valgus yang bekerja pada sumbu sendi lutut antero-posterior kira-kira sama dengan yang diinduksi selama berjalan (Lennar & Crabtree, 2005). Otot paha depan, rektus femoris, vastus medialis, dan vastus lateralis, serta hamstring otot, penting selama fase power stroke (Joerger, 2016). Berikut ini adalah karakteristik khusus aktivitas otot dan tulang selama bersepeda:

- Otot paha depan, rektus femoris, vastus medialis, dan vastus lateralis, serta hamstring otot, penting selama fase power stroke (Joerger, 2016)
- Otot ekstensor pinggul dan otot fleksor lutut . Beban yang lebih besar bekerja pada tulang belakang pengendara sebagian besar terjadi saat duduk dalam posisi olahraga dibandingkan dengan posisi rekreasi atau setengah duduk. Beban aktif daerah tulang lumbar belakang dipengaruhi oleh tekanan ban, gundukan jalan dan kecepatan roda. Perpindahan linear dan sudut terbesar ditemukan antara vertebra L4-L5.
- Otot tulang belakang mengalami beban terbesar dalam posisi duduk. (Rubiono et al., 2019)
- Besarnya aktivitas otot tungkai bawah selama bersepeda mendekati yang diperoleh saat berjalan, dengan tiga pengecualian utama. M. vastus medialis et lateralis lebih teraktivasi selama bersepeda daripada saat berjalan, dan tibialis anterior kurang teraktivasi. Penggunaan posisi kaki posterior daripada anterior menurunkan momen beban dorsofleksi pergelangan kaki, meningkatkan aktivitas gluteus medius dan rektus femoris, dan menurunkan aktivitas otot soleus tetapi tidak secara signifikan mengubah momen pinggul atau lutut.

Berikut ini adalah 2 fase penting gerakan tubuh saat bersepeda :

a. Fase daya

Gaya pedal maksimal selama fase daya bersepeda (0 derajat hingga 180 derajat) dan puncak antara 90 derajat dan 110 derajat. Fase daya (atau fase dorong) diprakarsai oleh fleksor pinggul yang berkontraksi untuk mempersiapkan dorongan. Paha depan (dan ekstensor lutut lainnya), adduktor magnus, dan otot gluteal memasok kekuatan di fase daya awal. Paha belakang (dan ekstensor pinggul lainnya) dan otot betis menambah kekuatan selama akhir fase daya. Saat gluteal memperpanjang pinggul untuk mendorong kaki ke bawah pada pedal selama fase daya, otot paraspinal direkrut untuk menstabilkan otot gluteal dan hamstring. Plantar fleksor otot kaki berkontraksi lebih jauh selama fase daya untuk membantu mendorong pedal. Penurunan fleksibilitas pada otot gluteal dan hamstring menyebabkan peningkatan ketegangan pada iliotibial band serta otot-otot paraspinal. Otot gluteal atau hamstring yang kencang juga dapat menyebabkan hiperekstensi punggung saat otot paraspinal berusaha menstabilkan punggung bawah dan panggul. Posisi yang tepat pada sepeda memungkinkan ekstensi kaki yang tepat, memaksimalkan kekuatan gluteus maximus dan bisep femoris (Lennar & Crabtree, 2005).

b. Fase pemulihan

Otot iliopsoas dan hamstring memulai fase pemulihan (titik mati bawah ke titik mati atas). Dengan penggunaan klip kaki atau pedal clipless dorsiflexors mengerahkan kekuatan yang kuat, menarik pedal ke atas. gluteus medius memberikan stabilitas pada sendi panggul. Pada fase pemulihan akhir, ekstensor lutut direkrut untuk mempersiapkan fase kekuasaan. Untuk kekuatan optimal, fleksor plantar, ekstensor lutut, dan ekstensor pinggul harus fleksibel dan kuat. Jika kelompok iliopsoas ketat, panggul dicegah berputar ke belakang, yang dapat menyebabkan abnormal mekanik lumbal (Lennar & Crabtree, 2005).

4. Jenis dan Kategori Pesepeda

Seiring dengan perkembangannya, jenis-jenis sepeda diantaranya adalah sepeda gunung (mountain bike), sepeda jalan raya (cyclocross), sepeda BMX (bicycle motocross), sepeda balap, sepeda lipat, sepeda angkut, dan sepeda mini. Meskipun fungsi awalnya adalah sebagai alat transportasi, kegiatan bersepeda mulai dijadikan aktivitas untuk meningkatkan kesehatan, kebugaran jasmani (Utomo, 2020).

AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dalam bukunya *The 2018 AASHTO Bike Guide: An Overview*, mengklasifikasikan tiga kategori pesepeda yang di sarankan dapat bersepeda di jalan raya dengan menggunakan fasilitas penunjang bersepeda perkotaan seperti ditunjukkan dalam gambar 2.3 (Laksmana et al., 2020).

Gambar 2.3. Kategori pesepeda
Sumber : (The AASHTO 2018, dalam (Laksmana et al., 2020))

CYCLER	CITY CYCLING FACILITIES			
	SR	WCL	BL	SP/L
ADVANCED (A)	√	√	√	√
BASIC (B)		√	√	√
CHILDREN (C)				√

B. TINJAUAN TENTANG CK-MB (*CREATINE KINASE-MYOCARDIAL BAND*)

Jantung bersama darah dan pembuluh darah membentuk sistem kardiovaskular. Penyakit kardiovaskular adalah penyakit gangguan pada jantung dan pembuluh darah yang mengakibatkan terganggunya peredaran darah. Beberapa penanda biokimia yang dapat mengenali kerusakan miokard, seperti; *Laktat Dehidrogenase* (LDH), *Kreatin-Kinase* (CK), *Creatine Kinase MB* (CK-MB) dan *Troponin* (Chalik et al., 2014).

CK (*Creatine Kinase*) adalah enzim kompak sekitar 82 kDa yang ditemukan baik di sitosol dan mitokondria jaringan di mana kebutuhan energi. Di sitosol, CK terdiri dari dua subunit polipeptida sekitar 42 kDa, dan dua jenis subunit ditemukan: M (tipe otot) dan B (tipe otak). Subunit ini memungkinkan pembentukan tiga

jaringan spesifik isoenzim: CK-MB (otot jantung), CK-MM (rangka) otot), dan CK-BB (otak) (Baird et al., 2012).

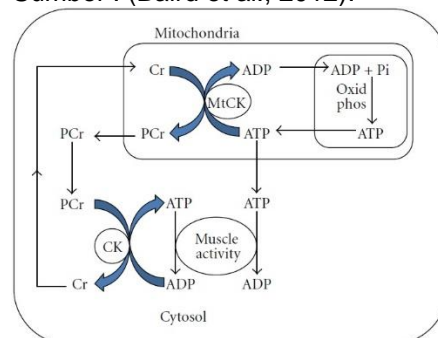
Enzim CK-MB adalah isoenzim Creatine Kinase (CK) yang terdapat pada berbagai jaringan terutama miokardium dan $\pm 20\%$ pada skeletal. Kenaikan aktivitas CK-MB dapat mencerminkan kerusakan miokardium. Enzim CK-MB diperiksa dengan cara enzymatic immunoassay with serum start dengan nilai normal <24 U/L (Mutia, 2014).

CK menyangga konsentrasi ATP dan ADP seluler dengan mengkatalisis pertukaran reversibel dari ikatan fosfat berenergi tinggi antara phosphocreatine dan ADP yang dihasilkan selama kontraksi. (Brancaccio et al., 2007). Isoenzim CK memberikan informasi spesifik pada jaringan yang rusak karena distribusi jaringannya. Bahkan, CK-MM ditemukan di beberapa domain myofibre di mana konsumsi ATP tinggi dan a penanda penyakit otot. CK-MB meningkat pada infark miokard akut, dan CK-BB meningkatkan kerusakan otak. CK mitokondria meningkat pada miopati mitokondria (Brancaccio et al., 2007).

CK membentuk inti dari jaringan energi yang dikenal sebagai sirkuit phosphocreatine (PCr) (Gambar 2.4). Di sirkuit ini, isoenzim sitosol terkait erat dengan glikolisis dan menghasilkan ATP untuk aktivitas otot. Versi MtCK adalah erat digabungkan ke rantai transpor elektron dan dapat menggunakan mitokondria ATP untuk meregenerasi PCR, yang dengan mudah kembali ke sitosol untuk memasok PCr sitosol. Sistem antar-jemput ini sangat penting untuk produksi dan pemeliharaan suplai energi dan terlibat dalam regulasi umpan balik metabolik pernapasan . Oleh karena itu, bukti menunjukkan bahwa kerangka otot itu memiliki tingkat CK tinggi yang dapat menjelaskan sebanyak 20% dari protein sarkoplasma yang larut dalam otot tertentu (Baird et al., 2012).

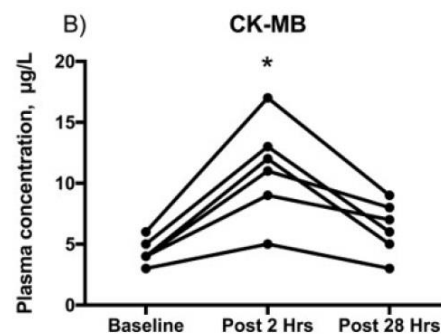
Gambar 2.4. Sirkuit Phosphocreatine (PCr) menunjukkan refosforilasi kreatin (Cr) di mitokondria menggunakan ATP yang berasal dari fosforilasi oksidatif (oksida phos) dan penggunaan mitokondria selanjutnya PCr oleh cytosolic creatine kinase (CK) untuk mensuplai ATP untuk aktivitas otot, diadaptasi dari Saks

Sumber : (Baird et al., 2012).



Isoenzim CK-MB terdapat dengan konsentrasi yang cukup tinggi pada sel otot jantung. Tes CK-MB selain digunakan untuk tes diagnostik, juga dapat dipakai untuk memprediksi mortalitas pada penyakit kardiovaskular. Hal ini memberi gambaran bahwa peningkatan kadar CK-MB menunjukkan luas dan beratnya infark pada otot jantung (Kurniawan et al., 2015). Enzim CK dan CK-MB biasanya mulai meningkat 3-12 jam setelah kerusakan sel miokardium, puncaknya 24 jam dan kembali normal setelah 48-72 jam. Penelitian yang dilakukan Gibler, dkk yang pada 1000 pasien resiko rendah infark miokard yang tidak terdiagnostik dengan EKG mendokumentasikan bahwa kadar CK-MB dapat mendiagnostik IMA (Infark Miokardium Akut) dengan sensitivitas sebesar 100% dan spesifisitas sebesar 98,3%, meskipun pasien-pasien ini memiliki resiko rendah infark miokard (Chalik et al., 2014). Pesepeda yang menjalani event bersepeda tingkat moderat meskipun mengalami kenaikan sementara enzim CK-MB tetapi tidak menunjukkan perubahan fungsi jantung (gambar 2.5) (Morville et al., 2018).

Gambar 2.5. Biomarker CKMB pre , post dan post 28 jam setelah 14 hari bersepeda pada 6 laki-laki dewasa
Sumber : (Morville et al., 2018)

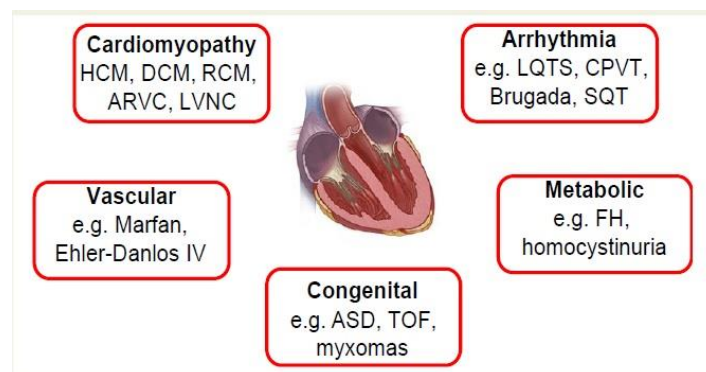


Peningkatan kadar CK-MB telah dikaitkan dengan tingginya tingkat mortalitas pada pasien infark miokard akut (IMA) (Davies & Roberts, 2015) (Firdaus et al., 2018). Efek durasi lama dan latihan intensitas sedang masih belum dipelajari pada studi sebelumnya pada lansia, dan atlet yang aktif secara rekreasi, tetapi baik individu muda maupun tua mengalami manfaat kardiovaskular dari olahraga teratur. Meskipun begitu, masih dibutuhkan pengetahuan akan durasi dan intensitas latihan yang tepat untuk menghindari kerusakan jaringan khususnya pada sistem kardiovaskular yang dapat berujung pada *Sudden Cardiac Death* (SCD)(gambar 2.6). Oleh karena itu, pentingnya melakukan screening sebelum aktivitas submaximal.

Risiko penyakit jantung iskemik dan risiko kematian jantung mendadak (SCD) meningkat seiring bertambahnya usia. Selain itu, perubahan struktural dan

fungsional dalam sistem kardiovaskular (yaitu, penebalan dan pengurangan pengisian diastolik ventrikel kiri) bertambah, dan kepekaan terhadap katekolamin cenderung menurun dengan bertambahnya usia dewasa. Penurunan sensitivitas terhadap katekolamin mengurangi kontraktilitas, detak jantung dan afterload, yang mengarah ke fungsi kardiovaskular yang umumnya kurang kuat pada individu yang lebih tua (Morville et al., 2018).

Gambar 2.6. Penyebab genetic SCD pada atlet
Sumber : (Sweeting & Semsarian, 2018)



C. TINJAUAN TENTANG F₂- ISOPROSTANE

F₂-isoprostan pertama kali ditemukan pada awal 1990-an. Senyawa ini adalah keluarga senyawa bioaktif seperti prostaglandin (PG) yang terbentuk in vivo secara independen dari siklooksigenase, terutama melalui peroksidasi yang dimediasi radikal bebas dari asam arakidonat (Ma et al., 2017). Serangan radikal terjadi pada karbon 7, 10 atau 13 asam arakidonat, menghasilkan empat kemungkinan subfamili dari F₂-isoprostan (seri 5, 8, 12 dan 15). 8-iso-Prostaglandin (PG) F_{2a} (juga disebut sebagai iPF_{2a}-III10) adalah F₂-isoprostane yang paling banyak terbentuk in vivo pada manusia (gambar 2.3). F₂-isoprostan disebut demikian karena mengandung cincin prostane tipe-F, dan isomer terhadap PGF_{2a} (Zhang, 2013). F₂-IsoP di plasma dan urin diukur sebagai penanda stres oksidatif sistemik pada manusia dengan berbagai penyakit kronis (Granick et al., 2021) (Patrignani et al., 2000).

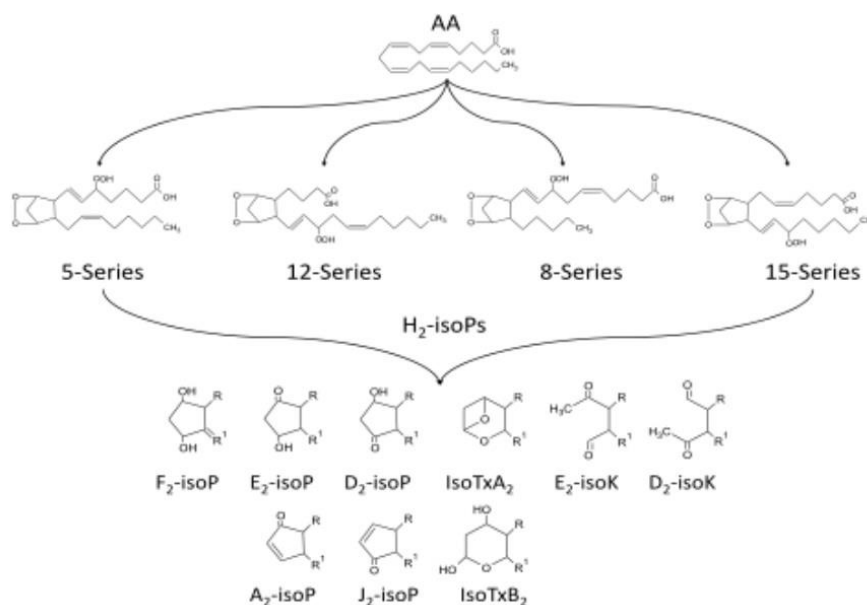
Stres oksidatif terjadi ketika produksi reaktif spesies, sebagian besar berasal dari oksigen dan nitrogen, melebihi degradasi oleh sistem pertahanan antioksidan. Selanjutnya terjadi kerusakan pada DNA, protein, dan lipid yang terlibat dalam penyakit kardiovaskular dan paru-paru, diabetes, gangguan neurodegeneratif, dan

kanker (Campbell et al., 2010). Stres oksidatif yang dimediasi oleh ROS (Reactive Oxygen Species) dapat mengakibatkan peroksidasi lipid, di mana F₂-isoprostan 8-isoprostaglandin F₂α (8-iso-PGF₂α) adalah biomarker klinis yang paling sering digunakan dan paling populer untuk mengukur oksidasi lipid in vivo dan stres oksidatif (Ma et al., 2017) (Arikawa et al., 2013) (van 't Erve et al., 2017) .

Salah satu metode penting yang dibutuhkan di bidang penelitian radikal bebas adalah metode non-invasif spesifik untuk menilai peroksidasi lipid in vivo pada manusia (Davies & Roberts, 2015) (Nikolaidis et al., 2011). Namun, sebagian besar metode yang tersedia kurang dalam hal sensitivitas dan spesifisitas atau tidak dapat diandalkan bila diterapkan pada senyawa biologis yang kompleks cairan dan jaringan (Basu, 2008) (Milne et al., 2005).

Sejumlah besar studi menunjukkan bahwa pengukuran F₂-IsoP dalam cairan tubuh seperti plasma memberikan pendekatan terbaik untuk menilai peroksidasi lipid in vivo dan merupakan kemajuan besar dalam kemampuan untuk menilai status stres oksidatif pada hewan dan manusia. F₂-IsoP juga merupakan transduser penting dari efek stres oksidatif yang terlibat dengan peningkatan risiko kardiovaskular (Hockenberry et al., 2014) (Zhang, 2013).

Gambar 2.7. Produk peroksidasi asam arakidonat yang diinduksi radikal bebas
Sumber : (Janicka et al., 2010).



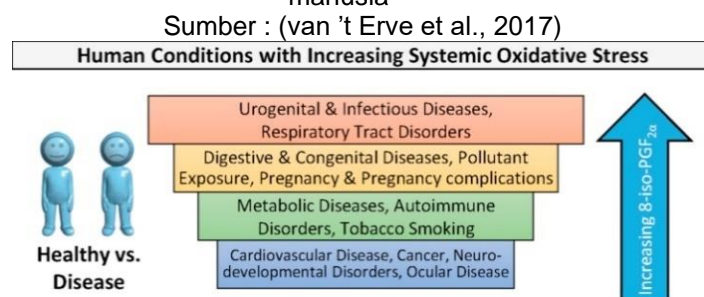
F₂-isoprostanes urin menunjukkan indeks status oksidatif yang menggambarkan keseluruhan generasi radikal bebas, di antaranya spesies oksigen reaktif (ROS). Umumnya, setiap elevasi signifikan secara statistik sistemik

F₂-isoprostan (dengan jumlah berapa pun) ditafsirkan sebagai stres oksidatif yang berbahaya. Peningkatan kadar F₂-isoprostan pada obesitas mewakili stres oksidatif yang diinduksi obesitas dan hubungan mekanistik antara obesitas dan risiko kardiovaskular (Il'Yasova et al., 2015). Saat melakukan latihan submaksimal, terjadi peningkatan F₂-Isoprostane pada siswa pemain sepakbola (Syahrastani et al., 2019).

Bukti keterlibatan isoprostan dalam aspek lain status fisiologis pada dasarnya masih belum diselidiki. Karena isoprostan secara konstan terbentuk in vivo pada manusia dan spesies lainnya, dan levelnya bervariasi dalam sehari dan dapat dianggap bahwa F₂-Isoprostan tubuh untuk mencapai beragam fungsi beragam yang tidak menyerupai dan bergantung pada enzim siklooksigenase (Lidapraja, 2013) (Basu, 2008).

Sejak penemuan awal bahwa F₂-Isoprostan dapat diandalkan sebagai biomarker stres oksidatif in vivo, keterlibatan F₂-Isoprostan dalam stres oksidatif telah dijelaskan dalam banyak penyakit manusia (van 't Erve et al., 2017) (Basu, 2008). Gambar 2.8 menunjukkan berbagai kondisi di mana F₂ Isoprostane terlibat dalam kondisi patologis tubuh manusia. Adanya peningkatan kadar 8-iso-PGF_{2α} menunjukkan kenaikan stress oksidatif sistemik.

Gambar 2.8. Keterlibatan F₂ Isoprostane dalam berbagai kondisi patologis tubuh manusia



D. TINJAUAN TENTANG KATEGORI USIA, KECEPATAN RATA-RATA, KATEGORI LATIHAN , INDEKS MASSA TUBUH (IMT), DAN MEROKOK

1. Usia

Usia adalah salah satu faktor yang berkontribusi terhadap penurunan efisiensi dalam olahraga dan latihan . Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) merekomendasikan aktivitas fisik perlu disesuaikan dengan usia. Orang

dewasa berusia 18-64 tahun dan > 65 tahun direkomendasikan minimal 75 menit aktivitas fisik aerobik intensitas tinggi atau setidaknya 150 menit aktivitas aerobik intensitas sedang per minggu (Gronek et al., 2021) .

Usia yang lebih tua telah dikaitkan dengan sekitar 25% penurunan kapilarisasi otot dan aktivitas enzim mitokondria. Namun, penurunan terkait usia ini justru berbanding terbalik pada kelompok usia yang lebih muda jika dilakukan *training* yang akan meningkatkan efisiensi olahraga ke tingkat yang lebih besar pada kelompok usia tua dibanding usia yang lebih muda. Adanya *recovery* dalam *oxygen debt* dan VO_2 max lebih besar pada subjek yang lebih tua daripada subjek yang lebih muda (Woo et al., 2006).

Gambar 2.9. Efisiensi olahraga. Subjek muda tidak menunjukkan perubahan dalam efisiensi olahraga, sedangkan subjek yang lebih tua menunjukkan peningkatan 30% dalam efisiensi olahraga dengan *training exercise*

Sumber : (Woo et al., 2006)



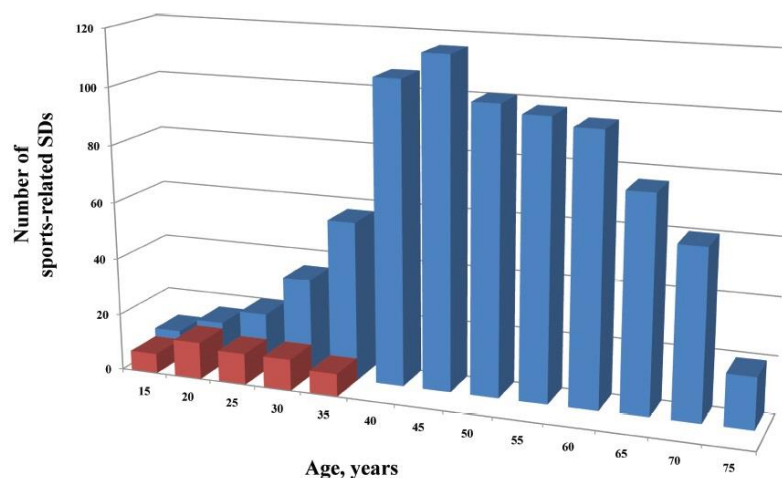
Sudden Cardiac Death pada olahraga lebih sering terjadi pada pria, yang lebih tua dan tidak aktif secara teratur, dan mereka yang memiliki kondisi penyakit jantung bawaan (Wasfy et al., 2016). Risiko penyakit jantung iskemik dan risiko kematian jantung mendadak (SCD) meningkat dengan bertambahnya usia (gambar 2.10). Selain itu, perubahan fungsi dan struktur dalam sistem kardiovaskular yang menurun fungsinya pada individu yang lebih tua (Morville et al., 2018).

Dalam sebuah penelitian, usia 7-44 tahun tidak mempengaruhi kenaikan interval referensi untuk konsentrasi enzim CK pada saat atlet berolahraga secara signifikan. Tapi hasil ini dapat berbeda tergantung tingkat aktivitas seseorang. Level aktivitas atlet dan non-atlet berbeda. Atlet memiliki nilai konsentrasi enzim

CK lebih tinggi daripada non-atlet, sehingga nilai CK yang tinggi belum dapat dijadikan patokan untuk kondisi patologis (Mougios, 2007).

Bertambahnya usia akan menyebabkan pembuluh darah mengalami perubahan progresif dan berlangsung secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama (Firdaus et al., 2018). Selain pada jantung, dalam penelitian lain tingkat kerusakan jaringan akibat radikal bebas juga meningkat seiring bertambahnya usia yang ditandai dengan peningkatan signifikan pada kadar F2-Isoprostane (Milne et al., 2005).

Gambar 2.10. Usia rata-rata pada angka kejadian *Sudden Death* dalam olahraga
Sumber : (Marijon et al., 2011)



2. Kecepatan Rata-rata

Kecepatan rata-rata adalah seberapa cepat laju pengendara yang dinilai dalam jarak tertentu dibagi dengan satuan waktu tertentu. Data perhitungan kecepatan pengendara sepeda dianggap sebagai parameter penting untuk melakukan perencanaan yang tepat dari tindakan pengendalian lalu lintas, studi keselamatan, dan untuk analisis jarak pandang. Selain itu, kecepatan pengguna jalan dianggap sebagai hal yang penting pertimbangan transportasi karena berkaitan dengan keselamatan dan merupakan salah satu faktor risiko mendasar dalam lalu lintas (Kassim et al., 2020).

Kecepatan rata-rata pengendara sepeda bervariasi antara 14,6 dan 22 km/jam (Bernardi & Rupi, 2015). Sementara di Yogyakarta, Kecepatan sepeda berkisar antara 14 km/jam–17 km/jam. Kecepatan sepeda rata-rata 15 km/jam lebih kecil dibandingkan mobil 43 km/jam dan sepeda motor 45 km/jam (Suwardo, 2004). Kecepatan rata-rata pesepeda juga terkait erat dengan

tingkat keahlian dan kepercayaan diri para pengendara (Bernardi & Rupi, 2015).

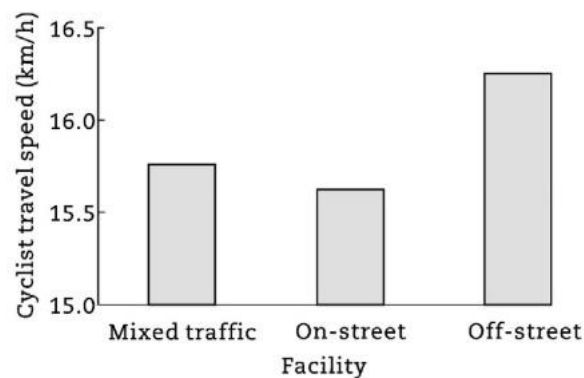
Gambar 2.11. Volume dan kecepatan rata-rata pesepeda
Sumber : (Bernardi & Rupi, 2015)

Segments	Average # of cyclists measured in 2 hrs	Statistic	Separated Bicycle	Mixed Traffic
(1)Ercolani	480	Speed (mean)	18.90 km/h	22 km/h
		Standard deviation	3.16 km/h	5.08 km/h
		Coeff. of Variation	0.168	0.231
(2)Fioravanti	240	Speed	14.60 km/h	16.8 km/h
		Standard deviation	3.12 km/h	4.24 km/h
		Coeff. of Variation	0.213	0.252
(3)Matteotti	850	Speed	16.00 km/h	17.00 km/h
		Standard deviation	2.97 km/h	4.39 km/h
		Coeff. of Variation	0.186	0.259

Kecepatan rata-rata bersepeda dipengaruhi oleh multifaktor antara lain kondisi fisik pesepeda , apakah pesepeda adalah atlet terlatih atau pesepeda regular, kondisi medan yang dilalui seperti pada jalan bebas hambatan dan pendakian, serta juga jenis sepeda yang digunakan (Suwardo, 2004). Kemajuan dalam peralatan bersepeda memiliki implikasi besar bagi performa bersepeda, khususnya dalam meningkatkan kecepatan bersepeda (Rubiono et al., 2019).

Gambar 2.12 menunjukkan kecepatan rata-rata pengendara sepeda pada kondisi lalu lintas di jalan raya. Faktor keamanan dan keselamatan bersepeda juga merupakan salah satu pertimbangan utama dalam menentukan kecepatan sepeda untuk menghindari tingkat cedera yang parah (Götschi et al., 2016). Selain itu, faktor kesehatan juga dipertimbangkan. Jarak tempuh dan kecepatan rata-rata yang lebih rendah dapat menurunkan tingkat mortalitas dibandingkan dengan jarak dan kecepatan yang lebih tinggi pada pelari (Patil et al., 2012).

Gambar 2.12. Prediksi kecepatan perjalanan pengendara sepeda di bawah tiga jenis kondisi jalan yang berbeda
Sumber : (Kassim et al., 2020)



Kecepatan dapat diperoleh dari data lapangan yang dikumpulkan di berbagai fasilitas persepedaan. Ada berbagai teknik yang dapat digunakan untuk mengukur kecepatan pengendara sepeda, misalnya, pistol radar, stopwatch, penghitung tabung pneumatik, Sistem Pemosisian Global (GPS), speedometer sepeda, gambar video analisis, dan teknik visi komputer. Pengukuran kecepatan yang relative baru adalah dengan menggunakan teknik visi computer. Teknik visi computer adalah jenis pengukuran kecepatan otomatis dengan menggunakan analisis gambar dari kamera video menggunakan *computer vision technique* (Kassim et al., 2020).

3. Kategori Latihan

Status training seseorang dapat dikategorikan mulai dari kategori atlet tidak terlatih hingga atlet elit terlatih. Dalam berbagai kategori latihan dan olahraga, pentingnya untuk memelihara daya tahan dan kebugaran dalam jangka waktu yang lama perlu menjadi pertimbangan untuk para atlet termasuk dalam olahraga bersepeda (Poppendieck et al., 2013). Hal ini dilakukan untuk mencapai manfaat dan tujuan olahraga disamping tujuannya sebagai sarana rekreatif.

Pentingnya recovery setelah berolahraga juga menjadi pertimbangan penting agar fungsi jantung dan paru tetap terjaga dan juga menghindari peningkatan peroksidasi lipid akibat tingginya konsumsi oksigen pada saat berolahraga. Adanya kenaikan kadar CK-MB adalah hal yang bisa terjadi pada kategori individu yang baru melakukan latihan (untrained) (Schneider et al., 1995). Meskipun termasuk kategori ringan, olahraga bersepeda juga membutuhkan recovery yang tepat. Selain itu, adaptasi otot sebagai respon terhadap exercise training dapat berbeda pada atlet terlatih dan tidak terlatih.

Dengan latihan tertentu, ketahanan kardiorespirasi dapat meningkat. Kapasitas difusi paru orang terlatih, misalnya para atlet olahraga lebih baik daripada orang yang tidak terlatih. Dalam sebuah penelitian menunjukkan adanya perbedaan VO₂ max siswa terlatih dan tidak terlatih, dimana siswa yang melakukan latihan fisik secara tidak teratur memiliki vo₂ max yang lebih baik dibanding yang tidak melakukan latihan (Asnawati et al., 2013).

4. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh adalah parameter yang digunakan untuk mengukur tinggi dan berat badan individu, dan seringkali interpretasinya digunakan untuk berbagai kategori penyakit (Nuttall, 2015). Selama masa pandemi Covid-19, aktivitas fisik masyarakat berkurang dan terjadi peningkatan berat badan yang memicu obesitas (Rafique, 2022).

Individu dengan kategori indeks massa tubuh yang berlebih (obesitas) lebih mungkin memiliki masalah kesehatan terutama gangguan kardiovaskular. Prevalensi obesitas di Amerika Serikat meningkat dalam beberapa dekade terakhir sehingga masalah ini timbul sebagai masalah global. Penurunan berat badan menyebabkan penurunan pengeluaran energi, sedangkan kenaikan berat badan menyebabkan peningkatan pengeluaran energi (Il et al., 2017).

Obesitas menjadi epidemi global pada kedua anak dan orang dewasa. Hal ini terkait dengan berbagai penyakit penyerta, seperti kardiovaskular (CVDs), diabetes tipe 2, dan hipertensi (Parsanathan & Jain, 2020). Obesitas dikategorikan jika indeks massa tubuh berada pada angka 30 kg/m². Gangguan pembuluh darah menjadi salah satu akibat dari proses inflamasi dan kenaikan stress oksidatif sistemik yang berkaitan dengan obesitas (Basu, 2008). Saat ini, strategi pencegahan obesitas termasuk perubahan pola diet dan olahraga (Haan et al, 2016).

5. VO₂ Max

VO₂max adalah jumlah oksigen maksimal yang dapat digunakan tubuh selama melakukan latihan yang berat. Pengukuran VO₂max menjadi parameter penting dalam menilai daya tahan terutama pada seorang atlet saat berolahraga. Pengukuran VO₂max dapat dilakukan melalui uji laboratorium (metode langsung) dan uji di lapangan (metode tidak langsung). Pengukuran dari jenis kedua uji ini dapat berbeda hasilnya, dimana uji laboratorium memperoleh hasil VO₂max yang lebih tinggi daripada uji lari di lapangan (Gönülateş, 2018).

Hasil dari pengukuran VO₂max yang menjadi gambaran kemampuan ketahanan kardiorespirasi menjadi acuan zona aman latihan pada individu. Intensitas yang tinggi pada latihan yang melibatkan otot-otot besar seperti berlari, bersepeda, berenang mengukur pemanfaatan maksimal dari oksigen.

Oleh karena itu, $VO_2\text{max}$ menilai fungsi terintegrasi dari paru, jantung, dan otot sistem untuk mengambil (transportasi O_2 difusif di paru-paru dan mikrovaskular otot), transportasi (transportasi O_2 konduktif), dan memanfaatkan O_2 terutama di mitokondria otot yang berkontraksi (Poole & Jones, 2017).

Pengukuran untuk fungsi kebugaran kardiorespirasi sangat penting. Pada atlet, hal ini digunakan untuk mencapai performa latihan yang maksimal dimana hasilnya dapat diperoleh melalui pengukuran Vo_2 Max yang dapat dicapai saat latihan intensitas maksimal. *Direct method* $Vo_2\text{max}$ memperoleh hasil objektif dan akurasi yang tinggi melalui tes di laboratorium. Tes ini menganalisis gas yang terlibat dalam ventilasi paru saat melakukan latihan maksimal misalnya pada treadmill. *Indirect method* adalah metode pengukuran $Vo_2\text{max}$ di lapangan yang juga dapat memberikan estimasi nilai $Vo_2\text{max}$ (Buttar et al., 2019).

6. Merokok

Organisasi Kesehatan Dunia menyatakan merokok masih menjadi masalah yang menimbulkan problem kesehatan internasional. Tidak hanya pada perokok, kematian akibat paparan asap rokok juga tinggi sekitar 1.2 juta kematian per tahun (Szymański et al., 2022). Sementara di China, merokok telah membunuh 1 juta orang setiap tahunnya dan angkanya terus meningkat pada pria (Chan et al., 2022). Merokok telah dibuktikan memiliki kaitan erat dengan pemicu berbagai gangguan kesehatan terutama jantung dan pembuluh darah, salah satunya adalah kondisi hipertensi.

Merokok dapat terjadi karena perubahan gaya hidup, lingkungan, dan dianggap sebagai sarana untuk menghilangkan stress. Menurut teori, saat merokok, nikotin merangsang sistem saraf simpatik, memicu vasokonstriksi karena pelepasan epinefrin dan norepinefrin yang menyebabkan peningkatan tekanan darah. Merokok juga dapat menyebabkan kerusakan dinding pembuluh darah dengan menyebabkan gangguan produksi prostasiklin, mengakibatkan hilangnya elastisitas pembuluh darah, yang memicu proses aterosklerosis, dan menyebabkan hipertensi. Hipertensi sendiri disebut sebagai *silent killer disease* yang dapat memicu gangguan pada ginjal, jantung, pembuluh darah dan otak (Pathak et al., 2017). Beberapa studi menunjukkan kaitan erat antara merokok dan hipertensi, sementara studi lainnya tidak. Meskipun begitu, teori secara ilmiah sepakat

bahwa merokok tidak aman untuk kesehatan. Kematian pada perokok yang aktif adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang tidak pernah merokok (Carter et al., 2015).

Asap tembakau yang dihirup meningkatkan jumlah radikal bebas eksogen dan endogen dalam tubuh, yang menyebabkan peningkatan stres oksidatif. Stres oksidatif yang meningkat ini menyebabkan disfungsi vasomotor, peningkatan pro-trombotik dan penurunan faktor fibrinolitik, leukosit, dan aktivasi trombosit, peningkatan peroksidasi lipid, peningkatan adhesi dan molekul inflamasi, dan proliferasi otot polos (Adams & Morris, 2022).

E. TINJAUAN TENTANG HUBUNGAN ANTARA PERUBAHAN KADAR CK-MB DAN F₂-ISOPROSTANE DENGAN USIA, KECEPATAN RATA-RATA , KATEGORI LATIHAN, IMT, DAN MEROKOK

Ketika seseorang semakin cepat memacu sepeda, maka kebutuhan oksigen semakin banyak. Sistem pernafasan akan sebanyak mungkin mengambil oksigen dari lingkungan. Respon tubuh terhadap hal tersebut yaitu dengan meningkatnya kerja sistem kardiorespirasi yang melibatkan jantung, darah, dan pembuluh darah. Jantung akan bekerja lebih cepat untuk memompa darah yang membawa suplai oksigen yang berakibat pula pada denyut jantung yang berdetak semakin cepat (Penggali et al., 2015).

Pada kelompok usia yang lebih tua, kemampuan kardiovaskular juga menurun termasuk penurunan curah jantung maksimal yang akan diikuti oleh penurunan denyut jantung dan stroke volume (Woo et al., 2006). Peningkatan kadar CK terdapat pada 3, 6, 12 jam dan puncaknya pada 6 jam setelah latihan yang melelahkan (Yudiansyah, 2015). Setelah berolahraga, aktivitas serum CK tergantung pada tingkat / intensitas pelatihan. Total aktivitas CK serum meningkat selama 24 jam setelah latihan dan ketika pasien beristirahat, secara bertahap kembali ke tingkat basal. Puncak kenaikan level CK serum terjadi pada 8 jam setelah strength training (Brancaccio et al., 2007).

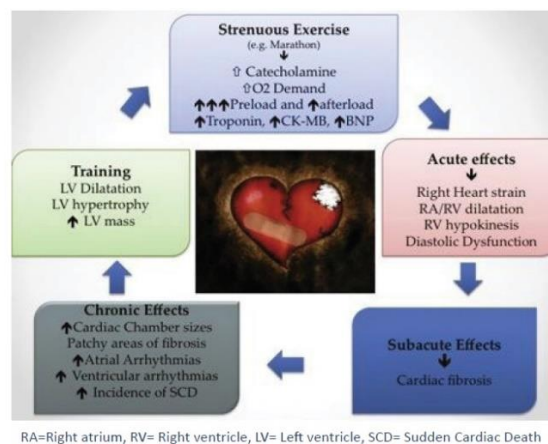
Penelitian di Denmark menemukan bahwa intensitas dalam hal ini kecepatan lebih penting dan berpengaruh dibandingkan dengan durasi bersepeda dalam hubungannya dengan semua penyebab kematian akibat penyakit jantung coroner. Intensitas dikaitkan dengan *slow*, *medium* , dan *fast* dalam hal kecepatan

bersepeda. Pria dengan intensitas bersepeda cepat bertahan 5,3 tahun lebih lama (Schnohr et al., 2012) .

Penurunan efisiensi olahraga meningkat seiring dengan pertambahan usia sebagian besar disebabkan oleh ketidakaktifan fisik yang terkait dengan penurunan efisiensi oksidatif mitokondria dan ketergantungan yang lebih besar pada metabolisme anaerobik pada kelompok lanjut usia. Namun, setelah diberikan latihan (*training exercise*) , subjek yang lebih tua mengalami peningkatan efisiensi olahraga yang lebih besar daripada subjek yang lebih muda, sebagaimana diukur pada tingkat konsumsi oksigen maksimal (Woo et al., 2006). Namun, dalam penelitian lain, efisiensi bersepeda tidak dipengaruhi oleh usia , melainkan pada status latihan seseorang (Hopker et al., 2013).

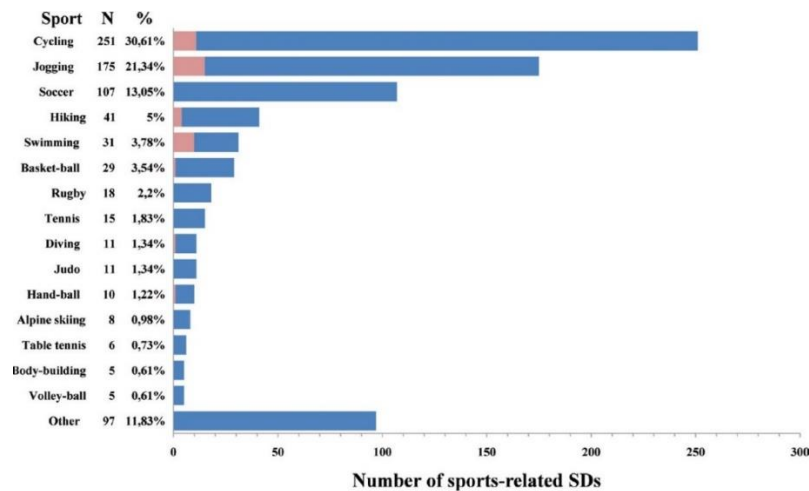
Kematian jantung mendadak (SCD) adalah penyebab medis kematian mendadak yang paling sering pada atlet (gambar 2.13). Risiko kematian jantung mendadak akan meningkat pada populasi kelompok usia lanjut (Wasfy et al., 2016).

Gambar 2.13. Patogenesis kardiomiopati atlet *endurance*
Sumber : (Patil et al., 2012)



Penelitian observasional menemukan bahwa sebagian besar *sudden death* paling tinggi terjadi pada olahraga bersepeda (gambar 2.14). Sebagian besar *sudden death* penyebabnya adalah jantung kecuali 4 kasus (98,0%) (Marijon et al., 2011). Pada jenis olahraga kompetitif , *sudden cardiac death* terjadi sebagian besar pada populasi usia yang lebih muda , sedangkan pada jenis olahraga pada umumnya , kasus SCD terjadi pada populasi atlet yang lebih tua dengan perkiraan kejadian sekitar 21 per 1 juta peserta per tahun (Wasfy et al., 2016).

Gambar 2.14 . Angka *Sudden Death* pada berbagai kategori olahraga
Sumber : (Marijon et al., 2011)



Latihan fisik dan olahraga direkomendasikan sebagai cara untuk mengurangi stres oksidatif sistemik, terutama di antara orang dewasa yang kelebihan berat badan dan obesitas. Dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa latihan akan mengurangi F_2 -isoprostan pada wanita muda yang sebelumnya tidak banyak bergerak (Arikawa et al., 2013). Beberapa bukti menunjukkan juga tentang manfaat khusus bersepeda pada kesehatan termasuk penurunan mortalitas dan berat badan (Fraser & Lock, 2011). Meskipun menimbulkan dampak positif, dampak negatif dari latihan fisik terhadap kesehatan, juga menjadi pertimbangan dari beberapa hasil studi. Peningkatan metabolisme oksigen setelah aktivitas akut akan meningkatkan stres oksidatif (Rudra et al., 2011).

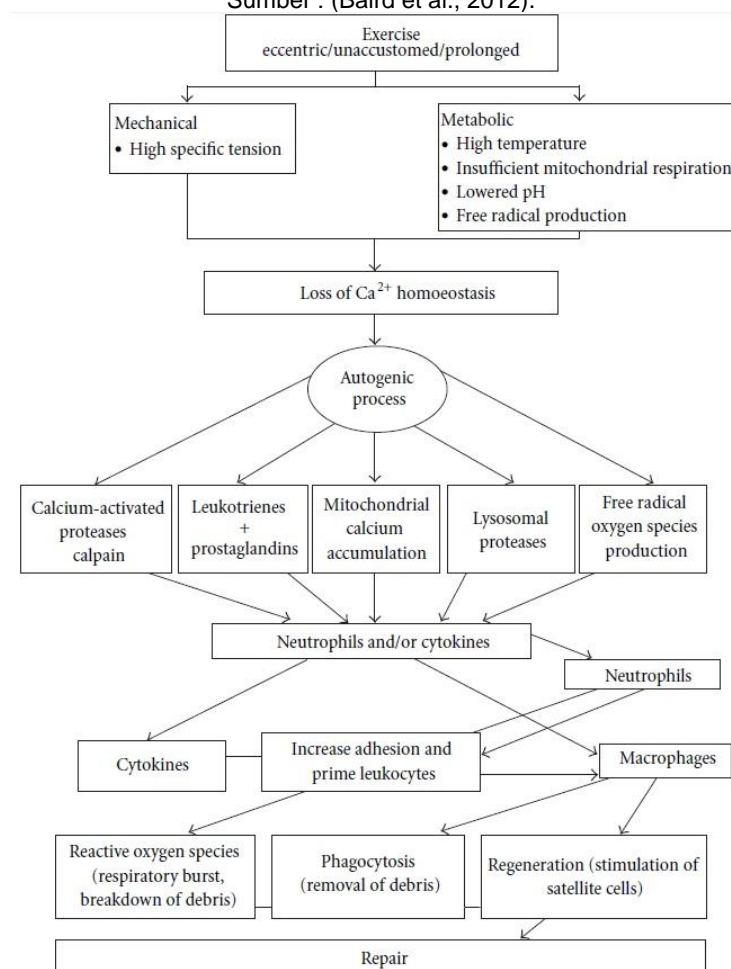
Latihan berat memicu kerusakan otot berupa pelepasan komponen seluler metabolik yang dimulai dengan penipisan ATP dan mengakibatkan kebocoran ion kalsium ekstraseluler ke intraseluler ruang, karena pompa Na-K-ATPase dan Ca^{2+} -ATPase mengalami disfungsi. Proses mekanik dan gangguan otot diperkirakan terdiri dari rangkaian kompleks peristiwa yang melibatkan peningkatan stres oksidatif, inflamasi dan respon imun (gambar 2.15), namun tubuh mampu membersihkan komponen otot yang dilepaskan kembali ke tingkat dasar dalam 7-9 hari (Baird et al., 2012).

Dalam sebuah penelitian menunjukkan bahwa tingkat IsoP normal tikus dan manusia bertambah seiring bertambahnya usia (Milne et al., 2005), dimana biomarker F_2 -Isoprostane menjadi penanda penting kerusakan kardiovaskular (Hockenberry et al., 2014) (Zhang, 2013).

Saat berolahraga, tingkat metabolisme yang tinggi dan kekurangan oksigen dan meningkatkan pengadaan asam laktat selama latihan fisik yang berat akan merangsang pengeluaran radikal bebas yang berafiliasi dengan Reactive Oxygen Species (ROS) (Rauda & Damanik, 2021) . Radikal bebas dapat terbentuk akibat latihan fisik saat otot mengalami kontraksi dan pada jaringan terjadi reperfusi iskemik yang ketika jumlahnya melampaui sistem pertahanan antioksidan maka akan menginisiasi peroksidasi lipid. Latihan submaximal terbukti meningkatkan F₂-Isoprostane yang menandai peningkatan radikal bebas dalam tubuh (Syahrastani et al., 2019). Kadar F₂-isoprostan meningkat setelah latihan submaksimal dan menurun kembali setelah 24 jam (Yuniarti & Afriwardi, 2015).

Gambar 2.15. Model teoritis kerusakan otot dan siklus perbaikan direproduksi dari Kendall Eston

Sumber : (Baird et al., 2012).



Kategori status training pada atlet dapat berbeda. Atlet terlatih dan tidak terlatih dapat memperoleh proses recovery yang juga berbeda setelah berolahraga . Dalam sebuah studi menunjukkan bahwa pada atlet terlatih, proses recovery

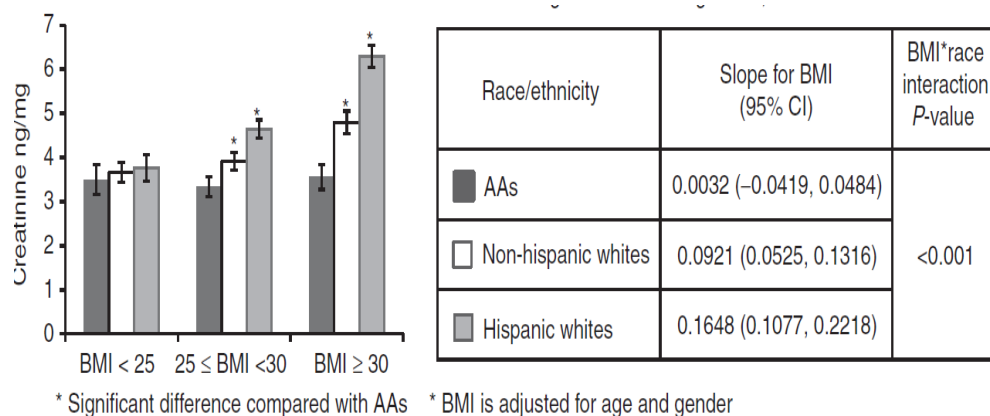
menggunakan metode cooling menunjukkan hasil yang baik pada pengurangan nyeri otot, sementara pada konsentrasi enzim creatine kinase belum jelas manfaatnya (Leeder et al., 2012) . Penelitian lain juga menunjukkan bahwa exercise training , kadar CK-MB meningkat tetapi tidak signifikan sehingga tidak menimbulkan perubahan degenerative pada miokardium (Miller, 1989). Atlet memiliki nilai konsentrasi enzim CK lebih tinggi daripada non-atlet, sehingga nilai CK yang tinggi belum dapat dijadikan patokan untuk kondisi patologis (Mougios, 2007).

Studi kohort menunjukkan bahwa kadar baseline F2-Isoprostane berhubungan dengan level indeks massa tubuh(gambar 2.16). Hal ini terjadi karena adaptasi terhadap keseimbangan energi positif melalui peningkatan oksidasi lemak. Hal ini memicu peningkatan berat badan dan obesitas yang terkait dengan kegemukan(II, Wang, Spasojevic, Base, Jr, et al., 2012). Penurunan berat badan memicu penurunan F2-isoprostane (Davi et al., 2002).

Oksidasi lemak yang lambat meningkatkan berat badan lebih lanjut penurunan homeostasis glukosa terkait obesitas. Sebagai indikator oksidasi lemak, tingkat F2-IsoP yang rendah diharapkan akan berbanding terbalik terkait dengan diabetes tipe 2 dan penambahan berat badan .

Gambar 2.16. Hubungan antara F2-Isoprostane dengan Indeks Massa Tubuh pada etnis.

Sumber : (II et al., 2012)



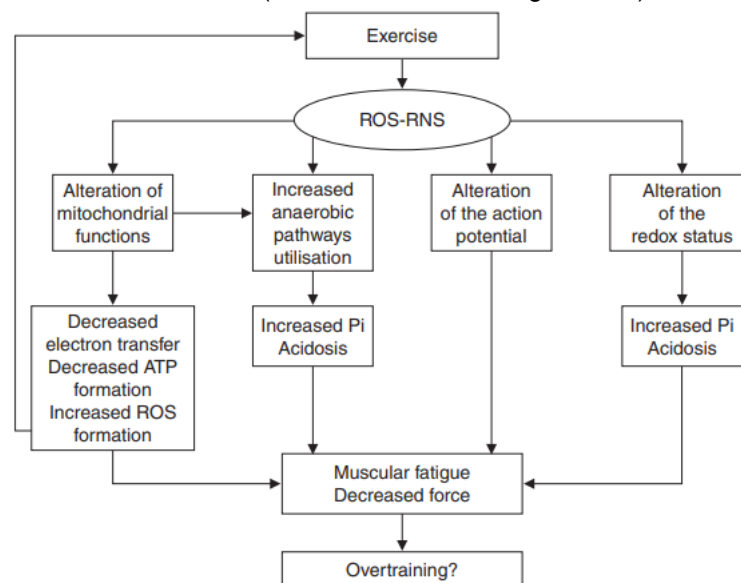
Faktor dalam perkembangan obesitas adalah komposisi serat otot rangka. Terutama serabut otot tipe II untuk aktivitas yang membutuhkan power yang menunjukkan aktivitas creatine kinase (CK) dimana hal ini terkait erat dengan glikolisis, dan resisten insulin relative CK tidak berhubungan BMI pada sampel populasi multi-etnis (Haan et al, 2016).

Pasien obesitas lebih rentan dengan gejala dari gangguan kardiovaskular seperti atherosclerosis dimana hal ini juga dapat berkembang pada nyeri dada sebagai akibat dari infark miokardium. Creatine kinase (CK), enzim yang mempromosikan metabolisme energi seluler terutama di kerangka otot, telah dikaitkan dengan peradangan dan hal yang menghubungkannya adalah obesitas.. Tingkat biomarker plasma inflamasi memprediksi obesitas . dan peradangan terkait obesitas dikaitkan dengan peningkatan risiko kardiovaskular penyakit (CVD) (Bekkelund & Jorde, 2017).Kadar isoenzim MB antara subjek obesitas dan normal tidak berbeda setelah exercise (Salvadori et al., 1993).

Latihan dapat memiliki efek positif atau negatif pada stres oksidatif tergantung pada beban ,dan spesifitas latihan. Stress oksidatif terlibat dalam kelelahan otot sebagai hasil dari overtraining. Radikal bebas yang tinggi dapat diproduksi saat latihan fisik yang berat , menyebabkan kelelahan otot, berbagai penyakit dan penuaan (Finaud, Julien & Biologie, 2006).

Gambar 2.17. Hipotesis berbeda tentang efek spesies oksigen reaktif (ROS) pada kelelahan otot

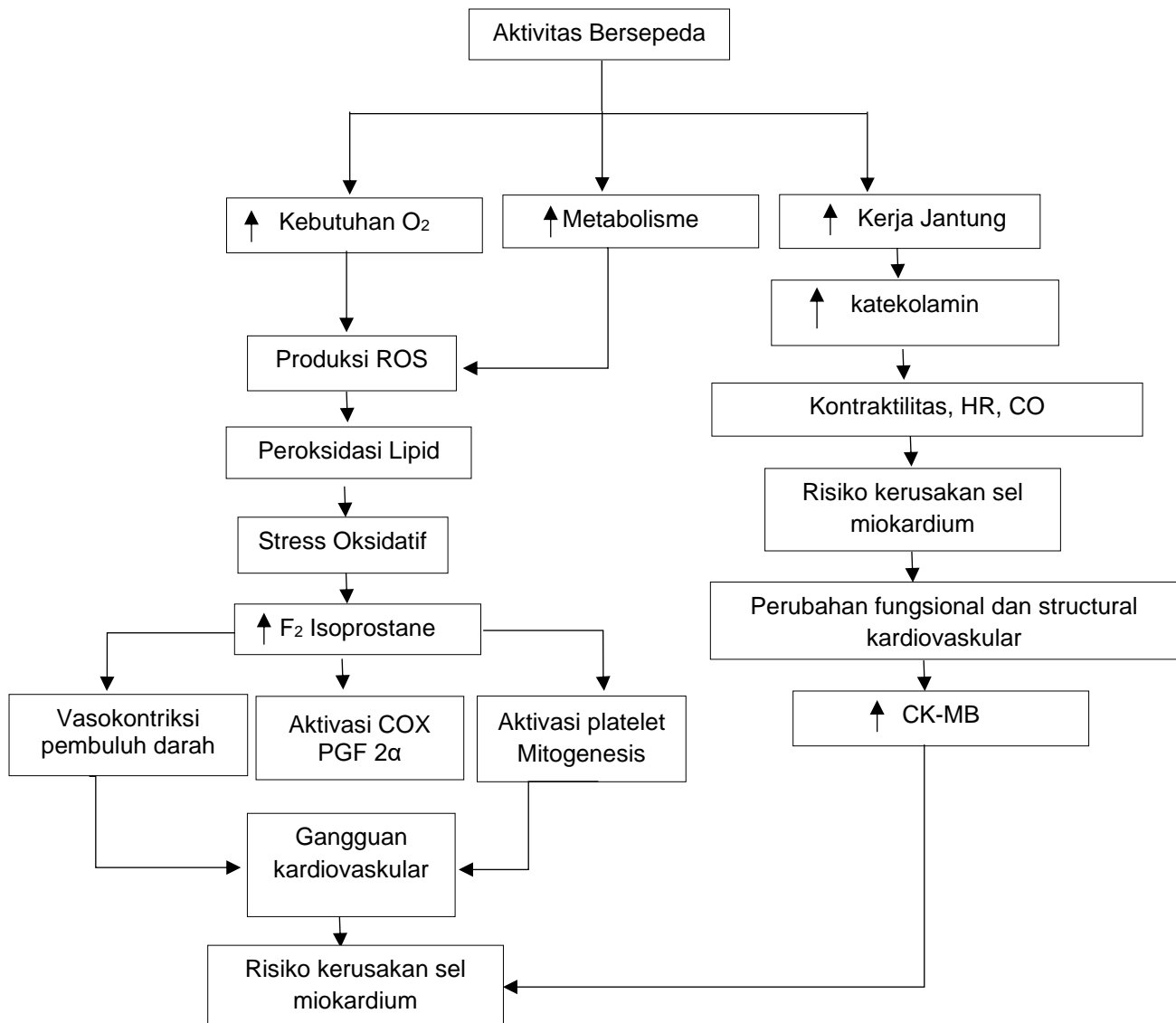
Sumber : (Finaud, Julien & Biologie, 2006)



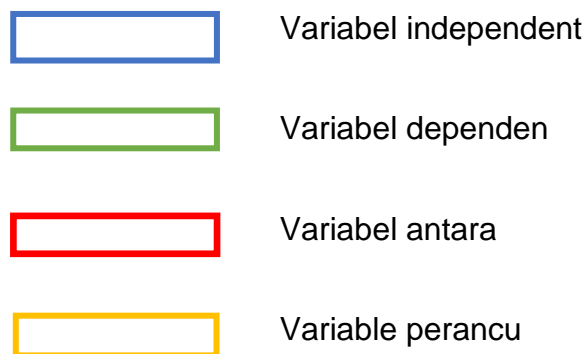
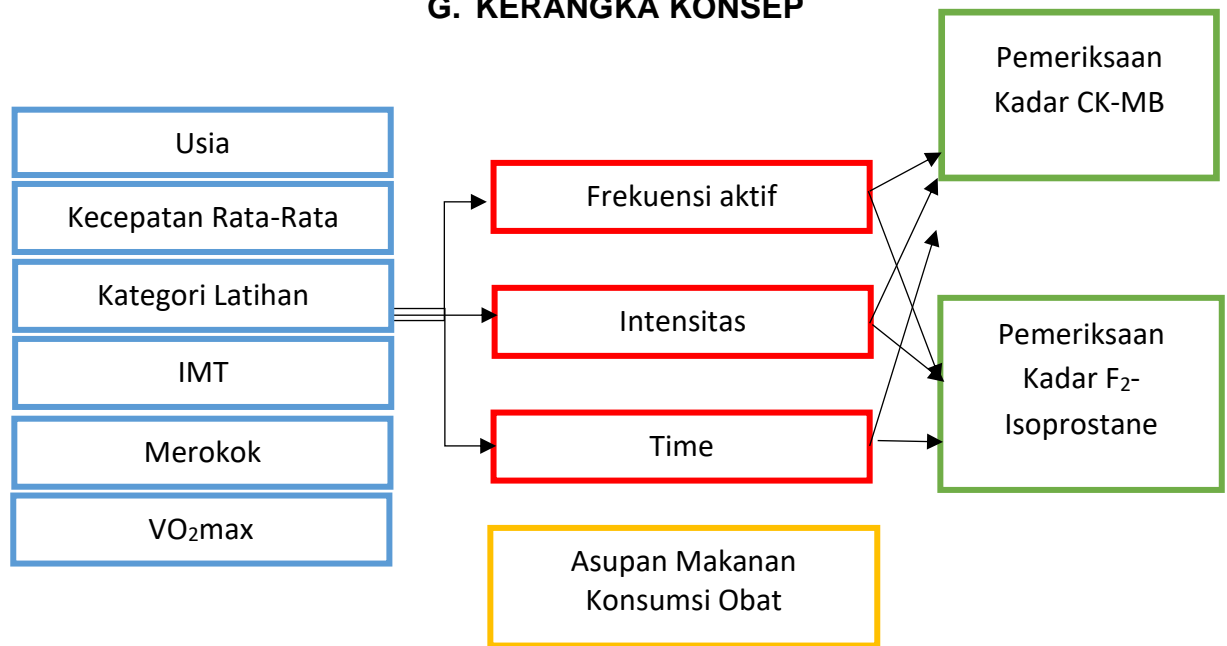
Pada kategori perokok, terdapat hubungan erat karena dapat meningkatkan stress oksidatif dan juga tingkat kematian akibat gangguan kardiovaskular. Saat merokok , asap tembakau yang dihirup meningkatkan jumlah radikal bebas eksogen dan endogen dalam tubuh, yang menyebabkan peningkatan stres oksidatif (Adams & Morris, 2022). Merokok juga dapat menyebabkan kerusakan dinding pembuluh darah dengan menyebabkan gangguan produksi prostasiklin,

mengakibatkan hilangnya elastisitas pembuluh darah, yang memicu proses aterosklerosis, dan menyebabkan hipertensi (Pathak et al., 2017). Kematian pada perokok yang aktif adalah 2 sampai 3 kali lebih tinggi dibandingkan dengan orang yang tidak pernah merokok (Carter et al., 2015).

F. KERANGKA TEORI



G. KERANGKA KONSEP



H. HIPOTESIS PENELITIAN

1. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F_2 -isoprostane pada kelompok usia
2. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F_2 -isoprostane pada kelompok kecepatan.
3. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F_2 -isoprostane pada kelompok kategori latihan.
4. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F_2 -isoprostane pada kelompok IMT

5. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok VO₂max .
6. Terjadi peningkatan kadar CK-MB dan F₂-isoprostane pada kelompok perokok.
7. Ada korelasi perubahan kadar CK-MB dengan F₂-Isoprostane sebelum dan setelah event bersepeda.

I. DEFINISI OPERASIONAL DAN KRITERIA OBJEKTIF

No .	Variabel Independen	Definisi Operasional	Indikator	Alat Ukur	Skala	Skor
1	Usia	Usia adalah periode waktu kehidupan makhluk hidup	Usia subjek	Tanggal Lahir	Numerik	Klp 1 : 30-45 th Klp 2 : 46-60 th
2	Kecepatan rata-rata	Kecepatan rata-rata adalah seberapa cepat laju pengendara yang dinilai dalam jarak tertentu dibagi dengan satuan waktu tertentu.	Kecepatan rata-rata dalam 1 kali <i>event</i> bersepeda	Aplikasi <i>Strava</i>	Numerik Rasio	Klp 1 : >median Klp 2 : <median

3	Kategori Latihan	Status Latihan Fisik Seseorang	Frekuensi latihan bersepeda dalam sepekan	Kuisisioner	Numerik	Klp 1 : <i>trained</i> Klp2 : <i>untrained</i>
4	IMT	Indeks Massa Tubuh	BMI by National Heart, Lung and Blood Institute	Timbangan BB dan meteran	Numerik	Klp 1 : Ideal Klp 2 : Overweight
5	VO ₂ max	Konsumsi Oksigen maksimal saat latihan	VO ₂ max chart	Bleep test	Numerik	Klp 1 : Baik Klp 2 : Buruk
6	Merokok	Penggunaan rokok tembakau		Kuisisioner	Ordinal	Klp 1 : Merokok Klp 2: Tidak Merokok
No	Variabel Dependen	Definisi Operasiona I	Indikator	Alat Ukur	Skala	Skor

1.	F ₂ Isoprostane	F ₂ Isoprostane adalah senyawa mirip prostaglandin (PG) melalui peroksidasi yang dimediasi radikal bebas dari asam arakidonat	ELISA	Pengambilan biomarker darah sebelum dan sesudah bersepeda	Numerik	20-80 pg/ml
2.	CK-MB (Creatine Kinase Myocardial Band)	Enzim CK-MB adalah isoenzim Creatine Kinase (CK) yang terdapat pada berbagai jaringan terutama miokardium	<i>immunological UV assay</i>	Pengambilan biomarker darah sesudah dan sebelum bersepeda	Numerik	<5μg/L
No	Variabel Antara	Definisi Operasional	Indikator	Alat Ukur	Skala	Skor

1	Frekuensi aktif	Fase ketika pesepeda aktif mengayuh sepedanya	-	Strava	Numerik	
2.	Intensitas	Adalah seberapa beratnya kerja tubuh atau jumlah kekuatan fisik pada saat latihan.	MHR (<i>Maximum Heart Rate</i>)	Manual	Numerik Interval	Rendah (ringan): 40-54% MHR. Sedang: 55-69% MHR. Tinggi (kuat): \geq 70% MHR.
3	Time/Durasi	Total waktu yang digunakan selama bersepeda dimulai dari start-finish	Waktu yang digunakan dalam satu kali event bersepeda.	Strava	Numerik	Strava