

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Anatomi Sistem Kardiovaskular

##### 1. Anatomi Sistem Kardiovaskular

Sistem kardiovaskular terdiri dari jantung, pembuluh darah (arteri, vena, kapiler), dan darah sebagai medium transportasi. Jantung sebagai organ pusat berperan memompa darah ke seluruh tubuh melalui dua sirkulasi utama: sistemik dan pulmonal. Jantung merupakan organ berotot yang terletak di area mediastinum dada, berfungsi sebagai pompa utama untuk mendistribusikan darah ke seluruh tubuh. Organ ini terbagi menjadi empat bagian, dua atrium yang terletak di bagian atas dan dua ventrikel di bagian bawah. Darah dari seluruh tubuh mengalir ke atrium kanan, kemudian diteruskan ke ventrikel kanan, dan selanjutnya dipompa ke paru-paru melalui arteri pulmonalis.

Respon anatomis terhadap latihan terjadi karena peningkatan kebutuhan metabolik yang menyebabkan jantung dan pembuluh darah menyesuaikan ativasnya secara cepat. Menurut (Judd & Levy, 2019) respons anatomis meliputi hipertrofi ventrikel kiri sebagai adaptasi terhadap latihan kronis, serta peningkatan diameter arteri untuk memperlancar distribusi darah ke otot. Struktur jantung terdiri dari empat ruang (atrium dan ventrikel) dan dilengkapi sistem konduksi elektrik seperti nodus SA, AV, bundle of His, serta serabut Purkinje. Jantung memiliki empat katup utama, katup trikuspid dan katup bikuspid (mitral) yang memisahkan atrium dari ventrikel, serta katup semilunar

(aorta dan pulmonalis) yang mencegah aliran darah kembali dari arteri besar menuju ventrikel.

a. Struktur Jantung (Atrium & Ventrikel)

Struktur jantung terdiri dari empat ruang (atrium dan ventrikel) yaitu:

- 1) Atrium Kanan (Right Atrium): yang terletak dibagian kanan atas jantung. Darah kemudian dialirkan ke ventrikel kanan melalui katup trikuspid.
- 2) Ventrikel Kanan (Right Ventrikel): yang terletak dibagian kanan bawah jantung, aliran ini melewati katup pulmonal.
- 3) Atrium Kiri (Left Atrium): yang terletak dibagian kiri atas jantung. Darah kemudian disalurkan ke ventrikel kiri melalui katup mitral.
- 4) Ventrikel Kiri (Left Ventricle): yang terletak dibagian kiri bawah jantung. Darah mengalir keluar melalui katup aorta.

b. Sistem Konduksi Jantung

Adapun sistem konduksi elektrik jantung seperti SA, AV, Bundle of His, serta serabut Purkinje yaitu:

- 1) Nodus Sinoatrial (SA) yang berfungsi sebagai pemicu utama irama jantung.
- 2) Nodus Atrioventrikular (AV) yang meneruskan sinyal dari atrium ke ventrikel.
- 3) Berkas His (Bundle of His) yang berfungsi menyalurkan impuls dari AV ke bagian bawah jantung.

- 4) Serabut Purkinje yang menyebarkan sinyal ke seluruh otot jantung di ventrikel.

c. Pembuluh Darah

Pembuluh darah memiliki fungsi utama sebagai saluran yang mengangkut darah ke seluruh tubuh.

Pembuluh darah dapat dibedakan menjadi tiga jenis utama, yaitu:

- 1) Arteri, yang membawa darah keluar dari jantung dengan tekanan tinggi.
- 2) Vena, yang mengembalikan darah ke jantung dan biasanya dilengkapi dengan katup satu arah untuk mencegah aliran balik darah.
- 3) Kapiler, yang merupakan pembuluh kecil yang memungkinkan pertukaran zat antara darah dan jaringan.

d. Struktur Dinding Pembuluh Darah

Dalam struktur histologis pembuluh darah terdiri dari tiga lapisan utama, yaitu:

- 1) Tunica intima: lapisan terinternal yang bersentuhan langsung dengan darah, tunica intima berfungsi menjadi permukaan yang halus bagi aliran darah.
- 2) Tunica media: lapisan tengah yang mengandung otot polos dan serat elastis, tunica media berfungsi untuk mengontrol vasokonstriksi dan vasodilatasi, menentukan tekanan dan aliran darah.

- 3) Tunica adventitia: lapisan paling eksternal, tunica adventitia berfungsi menghubungkan pembuluh darah dengan jaringan sekitarnya.

Dengan demikian, ketebalan masing – masing lapisan bervariasi sesuai dengan fungsi dan lokasi pembuluh tersebut (Khan, 2020).

## 2. Fisiologi Sistem Kardiovaskular

Fungsi sistem kardiovaskular adalah untuk mengantarkan oksigen dan nutrien ke seluruh jaringan serta membuang limbah metabolik. Aktivitas jantung dibagi menjadi dua fase: sistol (kontraksi ventrikel) dan diastol (pengisian ventrikel). Curah jantung (CO) dihitung dari denyut jantung (HR) dikalikan dengan volume sekuncup (SV), dan keduanya dipengaruhi oleh sistem saraf otonom (simpatik dan parasimpatik). Regulasi tekanan darah dilakukan oleh baroreseptor, sistem RAAS, serta faktor lokal yang memengaruhi diameter pembuluh darah. Ketika tubuh melakukan aktivitas atau mengalami stres, sistem simpatis mendominasi, meningkatkan CO dan tekanan darah. Sebaliknya, saat istirahat atau tidur, sistem parasimpatis menurunkan aktivitas jantung dan tekanan darah (Khan, 2020).

Curah jantung (CO) adalah jumlah darah yang dipompakan jantung dalam satu menit dan merupakan hasil dari perkalian antara frekuensi detak jantung (HR) dan volume darah yang dipompa setiap kali berkontraksi (stroke volume/SV). Kedua faktor ini diatur oleh sistem saraf otonom, yaitu:

- a. Simpatik, yang meningkatkan HR serta kemampuan kontraksi jantung.
- b. Parasimpatik, yang mengurangi HR.

Saat menjalani aktivitas fisik atau berada dalam keadaan stres, tubuh akan meningkatkan curah jantung dan tekanan darah untuk memenuhi kebutuhan metabolisme otot yang lebih tinggi. Sebaliknya, ketika dalam keadaan tenang atau tidur, aktivitas parasimpatik lebih dominan, menyebabkan penurunan pada HR dan tekanan darah (Khan, 2020).

### **3. Respons dan Adaptasi Sistem Kardiovaskular terhadap Aktivitas Fisik**

Sistem kardiovaskular memiliki peran penting dalam mempertahankan keseimbangan tubuh selama aktivitas fisik. Salah satu respons kardiovaskular utama terhadap latihan adalah perubahan denyut jantung (heart rate). Saat tiba-tiba menjalani aktivitas fisik, sistem kardiovaskular merespons langsung untuk mendukung kebutuhan tubuh yang meningkat. Respon akut sistem kardiovaskular saat tubuh mulai berolahraga, sistem kardiovaskular segera merespon untuk memenuhi kebutuhan yang meningkat akan oksigen dan zat gizi oleh otot-otot yang aktif. Jantung merespon cepat melalui peningkatan denyut dan kekuatan kontraksi akibat rangsangan dari sistem saraf simpatik dan pelepasan hormon seperti adrenalin dan noradrenalin. Ini memungkinkan keluaran jantung meningkat signifikan agar suplai darah dapat menyebar optimal ke otot dan organ penting sekaligus. Pembuluh darah di otot mengalami pelebaran sehingga aliran darah meningkat, sedangkan aliran ke daerah

yang kurang aktif dikurangi melalui vasokonstriksi. Saat olahraga berlangsung lama atau dalam kondisi panas, tubuh mengalami penurunan volume plasma darah yang menyebabkan penurunan stroke volume dan kompensasi melalui peningkatan denyut jantung agar tekanan darah dan aliran darah tetap terjaga. Mekanisme ini memastikan distribusi oksigen ke jaringan yang aktif tetap optimal dan menjaga kestabilan tekanan darah serta suhu tubuh (Saito *et al.*, 2022).

Adaptasi Kronis Sistem Kardiovaskular jika olahraga dilakukan secara rutin dan jangka panjang, tubuh mengalami perubahan struktural dan fungsional di sistem kardiovaskular yang meningkatkan efisiensi dan kekuatan kerja jantung. Otot jantung berkembang secara fisiologis, terutama di ventrikel kiri, sehingga mampu memompa lebih banyak darah per detak dan menurunkan denyut jantung saat istirahat karena peningkatan kontraktilitas dan peningkatan volume pengisian. Volume darah juga meningkat, begitu pula kapasitas pengangkutan oksigen berkat peningkatan jumlah hemoglobin. Di sisi pembuluh, terjadi pelebaran arteri dan pembuluh kapiler serta perbaikan fungsi endotel melalui peningkatan produksi oksida nitrat, yang menjadikan arteri lebih elastis dan meningkatkan vasodilatasi. Adaptasi ini juga melibatkan peningkatan pembentukan mitokondria dan angiogenesis di otot, yang memperkuat kemampuan otot menyerap dan memanfaatkan oksigen. Secara keseluruhan, adaptasi ini mengurangi resistensi vaskular, menurunkan tekanan darah saat istirahat, meningkatkan kapasitas aerobik, dan melindungi dari penyakit kardiovaskular (Maxwell & Oxborough, 2024).

## **B. Denyut Jantung**

### **1. Definisi**

Denyut jantung (heart rate) adalah jumlah denyutan jantung per menit, mencerminkan aktivitas listrik dan mekanik jantung. Menurut (Murakami *et al.*, 2025), denyut jantung merupakan indikator penting dari status fisiologis seseorang, yang dapat berubah tergantung aktivitas fisik, emosional, dan status kesehatan.

Denyut jantung, atau frekuensi denyut nadi, merupakan indikator penting dalam sistem kardiovaskular yang mencerminkan seberapa sering jantung memompa darah ke seluruh tubuh. Fungsi utama denyut jantung adalah memastikan suplai oksigen dan nutrisi yang cukup ke jaringan tubuh. Dalam konteks aktivitas sehari-hari, termasuk pada mahasiswa, denyut jantung berperan dalam menyesuaikan kebutuhan metabolik tubuh terhadap berbagai aktivitas fisik dan mental (Gordan *et al.*, 2015)

### **2. Faktor yang Mempengaruhi Denyut Jantung**

Faktor- faktor yang mempengaruhi denyut jantung dapat dibagi menjadi dua kategori utama, yaitu faktor yang tidak bisa diubah dan faktor bisa diubah.

#### **a. Faktor yang Bisa Diubah**

##### **1) Aktivitas Fisik dan Kebugaran Kardiovaskular**

Aktivitas fisik adalah faktor utama yang mempengaruhi denyut jantung. Saat melakukan latihan fisik, tubuh membutuhkan lebih banyak oksigen dan energi, sehingga jantung harus memompa darah lebih cepat. Peningkatan ini terjadi melalui

aktivasi sistem saraf simpatis dan penurunan aktivitas parasimpatis, sehingga menyebabkan percepatan denyut jantung (tachycardia fisiologis).

Menurut (May *et al.*, 2017), peningkatan intensitas aktivitas fisik harian menyebabkan peningkatan denyut jantung rata-rata dan memodulasi ritme harian HR secara signifikan. Mereka menunjukkan bahwa kebugaran individu sangat berkorelasi dengan efisiensi denyut jantung, di mana individu yang bugar memiliki HR istirahat lebih rendah karena efisiensi jantung dan adaptasi autonom.

## 2) Stress Emosional dan Psikologis

Emosi seperti marah, takut, dan cemas dapat meningkatkan denyut jantung melalui aktivasi sumbu HPA (hipotalamus-pituitari-adrenal) yang memicu pelepasan hormon stres seperti adrenalin dan kortisol. Aktivasi sistem saraf simpatis akan meningkatkan denyut jantung, sebagai bagian dari respon “fight or flight.”

Studi oleh (Kim *et al.*, 2018) menunjukkan bahwa stres akut secara signifikan menurunkan Heart Rate Variability (HRV) dan meningkatkan HR, yang menunjukkan dominasi sistem simpatis dan peningkatan beban kerja jantung.

## 3) Suhu Lingkungan

Paparan suhu tinggi menyebabkan tubuh mengaktifkan mekanisme termoregulasi, seperti vasodilatasi dan peningkatan aliran darah ke kulit. Hal ini memerlukan peningkatan kerja

jantung dan menyebabkan HR meningkat, bahkan saat istirahat. Dehidrasi memperparah kondisi ini dengan menurunkan volume plasma darah, sehingga curah jantung menurun dan HR harus dikompensasi naik untuk menjaga perfusi jaringan.

Studi oleh (Montalvo *et al.*, 2023) menunjukkan bahwa suhu  $>29^{\circ}\text{C}$  selama latihan olahraga dapat meningkatkan HR hingga 10–15 bpm lebih tinggi dibandingkan pada suhu normal.

b. Faktor yang tidak bisa diubah

1) Usia

Denyut jantung maksimum cenderung menurun seiring bertambahnya usia. Hal ini disebabkan oleh perubahan pada sistem saraf otonom, berkurangnya sensitivitas reseptor  $\beta$ -adrenergik, dan perubahan struktural pada miokardium.

StatPearls, (2022) menyebut bahwa rumus umum HR maksimum yaitu  $220 - \text{usia (tahun)}$  menunjukkan kecenderungan fisiologis ini. Mereka juga mencatat bahwa lansia memiliki HR istirahat yang bisa lebih tinggi karena penurunan efisiensi sirkulasi.

2) Hormon dan Sistem Endokrin

Hormon-hormon seperti adrenalin dan norepinefrin (katekolamin) memengaruhi denyut jantung dengan cara meningkatkan kecepatan konduksi listrik di nodus SA (sinoatrial). Selain itu, hormon tiroid juga memengaruhi HR. Hipertiroidisme menyebabkan peningkatan HR, sementara hipotiroidisme menyebabkan HR menurun.

Studi oleh (Sinha *et al.*, 2022) menyoroiti pengaruh hormon tiroid terhadap elektrofisiologi jantung dan menunjukkan bahwa ketidakseimbangan hormon ini menyebabkan perubahan HR dan bahkan risiko aritmia.

### 3. Klasifikasi Denyut Jantung

Klasifikasi denyut jantung secara umum memiliki tujuan penting dalam membantu evaluasi kesehatan kardiovaskular, baik dalam praktik klinis maupun dalam konteks kebugaran dan olahraga. Dengan mengelompokkan denyut jantung ke dalam kategori seperti bradikardia, normal, dan takikardia, praktisi kesehatan dapat lebih mudah mengenali apakah denyut jantung seseorang berada dalam rentang fisiologis normal atau menunjukkan tanda awal gangguan sistem kardiovaskular. Klasifikasi HR sangat berguna dalam mengukur respons fisiologis terhadap aktivitas fisik dan membantu dalam perencanaan program pelatihan berbasis detak jantung. (Laskowski, 2020) menambahkan bahwa pemantauan denyut jantung secara berkala dapat membantu memberikan rekomendasi gaya hidup, termasuk pengelolaan stres, aktivitas fisik, dan nutrisi, yang disesuaikan dengan kondisi denyut jantung seseorang. Menurut penelitian oleh (Montalvo *et al.*, 2023) dan referensi klinis dari (Laskowski, 2020), HR saat istirahat yang normal pada orang dewasa berkisar antara 60–100 denyut per menit (bpm). HR di bawah 60 bpm dikenal sebagai bradikardia, sedangkan di atas 100 bpm disebut takikardia. Meskipun demikian, HR rendah (<60 bpm) bisa dianggap normal pada individu yang sangat fit secara fisik (seperti atlet),

karena efisiensi kerja jantung mereka jauh lebih tinggi dibanding individu tidak terlatih. Sementara itu, HR >100 bpm tidak selalu menandakan kelainan. Klasifikasi pada penelitian ini tergambar di dalam tabel dibawah ini:

**Tabel 2.1 Klasifikasi Denyut Jantung**

Klasifikasi	Rentang HR (bpm)	Keterangan
Bradikardia	< 60 bpm	Normal pada atlet; bisa patologis jika disertai pusing, lemas, sinkop.
Normal	60 – 100 bpm	Rentang fisiologis normal orang dewasa saat istirahat, dan rentang normal istirahat menurut AHA.
Takikardia	>100 bpm	Bisa fisiologis (olahraga, stress) atau patologis (aritmia, infeksi, anemia).
Athletes's Heart	40 – 60 bpm	Umum pada atlet atau individu dengan kebugaran tinggi.

## C. Aktivitas Fisik

### 1. Definisi

Aktivitas fisik adalah sebagai segala gerakan tubuh yang dihasilkan oleh kontraksi otot rangka dan menuntut pengeluaran energi melebihi tingkat istirahat. Definisi ini menekankan bahwa setiap gerakan mulai dari berjalan, berkebun, naik turun tangga, hingga aktivitas terstruktur seperti bersepeda atau bermain olahraga menghitung sebagai aktivitas fisik, selama menghasilkan energi. Artikel baru-baru ini menjelaskan bahwa aktivitas ini mencakup berbagai domain pekerjaan,

rekreasi, transportasi, hingga pekerjaan rumah tangga serta intensitasnya bervariasi dari ringan hingga berat (Dhuli *et al.*, 2022).

## 2. Klasifikasi

Klasifikasi aktivitas fisik merupakan metode untuk mengelompokkan berbagai jenis aktivitas berdasarkan tingkat intensitas, durasi, dan frekuensi pelaksanaannya. Menurut Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour dari WHO (2020), aktivitas fisik dapat dikategorikan berdasarkan intensitas metabolik menggunakan satuan MET (Metabolic Equivalent of Task). MET menggambarkan seberapa banyak energi yang dibutuhkan tubuh selama melakukan suatu aktivitas dibandingkan ketika dalam kondisi istirahat. Satu MET setara dengan konsumsi oksigen sekitar 3,5 ml O<sub>2</sub> per kilogram berat badan per menit saat beristirahat.

Berdasarkan nilai MET, aktivitas fisik diklasifikasikan menjadi tiga tingkatan:

### a. Aktivitas Fisik Ringan

Aktivitas ini memiliki beban kerja di bawah 3 MET. Contoh kegiatannya antara lain berjalan santai, membersihkan rumah secara ringan, atau aktivitas rumah tangga lainnya yang tidak menuntut tenaga besar. Umumnya, aktivitas ini tidak menyebabkan perubahan yang mencolok pada frekuensi napas atau denyut jantung.

### b. Aktivitas Fisik Sedang

Kegiatan ini memiliki intensitas antara 3 hingga 6 MET, dan menyebabkan peningkatan denyut jantung serta pernapasan yang

cukup terlihat. Contohnya termasuk berjalan cepat, bersepeda pelan, atau aerobik ringan. WHO menyarankan orang dewasa berusia 18–64 tahun, termasuk ibu hamil dan menyusui dengan kondisi sehat, untuk melakukan aktivitas jenis ini selama 150–300 menit per minggu.

c. Aktivitas Fisik Berat

Aktivitas ini melebihi 6 MET dan menyebabkan lonjakan yang signifikan pada frekuensi napas serta denyut jantung. Contohnya adalah berlari, bersepeda cepat, lompat tali, dan aktivitas olahraga intensitas tinggi lainnya. WHO merekomendasikan durasi minimal 75–150 menit per minggu untuk aktivitas berat, yang dapat dikombinasikan dengan aktivitas sedang untuk memperoleh manfaat maksimal.

Selain itu, WHO juga menekankan pentingnya latihan penguatan otot yang dilakukan setidaknya dua kali dalam seminggu, terutama melibatkan kelompok otot besar seperti paha, dada, dan punggung. WHO juga memperingatkan agar membatasi perilaku tidak aktif seperti duduk dalam waktu lama atau penggunaan perangkat elektronik yang berkepanjangan, karena aktivitas duduk berkorelasi dengan peningkatan risiko penyakit tidak menular dan kematian dini.