

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Volume Oksigen Maksimum (VO<sub>2</sub>max)**

Volume oksigen maksimum (VO<sub>2</sub>max) merupakan titik tertinggi dimana oksigen bisa dipakai oleh tubuh saat olahraga berat. Peningkatan VO<sub>2</sub>max sering dikaitkan dengan efektivitas dari sebuah aktivitas.<sup>10</sup> Pengukuran dari VO<sub>2</sub>max sudah ada sejak lebih dari 50 tahun yang lalu dan memberikan informasi yang bermanfaat mengenai tingkat maksimal dari seorang individu dalam melakukan aktivitas fisik. Pada umumnya, VO<sub>2</sub>max diukur dengan tes olahraga bertingkat pada treadmill atau ergometer sepeda. Uji VO<sub>2</sub>max telah menjadi tolak ukur di bidang klinis yang berhubungan dengan olahraga fisik.<sup>11</sup> Kata “volume oksigen maksimum” pertama kali digunakan oleh Hill et al pada tahun 1923. Hill dan Lupton berasumsi bahwa:

1. Terdapat batas atas dari pemakaian oksigen,
2. Terdapat perbedaan VO<sub>2</sub>max antar individu,
3. VO<sub>2</sub>max yang tinggi merupakan kunci kesuksesan dari lari jarak-dekat dan –jauh,
4. VO<sub>2</sub>max dibatasi oleh kemampuan dari sistem kardiorespirasi dalam mengantar oksigen menuju otot.<sup>12</sup>

Pada tahun 1923, Hill dan Lupton melakukan pengukuran dari konsumsi oksigen dari individu yang berlari pada jalur lari sepanjang 85

meter.<sup>12</sup> Pada penelitian setahun setelahnya, Hill et al melaporkan lagi pengukuran  $VO_2$ max pada subjek yang sama. Setelah berlari selama 2,5 menit dengan kecepatan 282 meter/menit,  $VO_2$  dari subjek tersebut mencapai angka 4.080 liter/menit. Karena  $VO_2$  dari subjek tersebut tidak meningkat pada kecepatan 259, 267, 271 dan 282 meter/menit melebihi  $VO_2$  yang didapatkan pada kecepatan 243 meter/menit, maka disetujui bahwa pada kecepatan tinggi,  $VO_2$  mencapai titik maksimal dimana tidak bisa ditingkatkan lagi dengan usaha apapun.<sup>13</sup>

Penelitian oleh Bangsbo et al menunjukkan terdapat hubungan signifikan antara  $VO_2$ max dengan jauhnya jarak lari pesepakbola selama pertandingan berlangsung.<sup>14</sup> Penemuan ini didukung oleh Wisloff et al yang membuktikan bahwa terdapat perbedaan penting antara  $VO_2$ max milik tim elit sepakbola dengan tim yang berada di posisi terbawah di Norwegia.<sup>15</sup>

Akan tetapi, penelitian oleh Bruno et al pada tahun 2013 mempertanyakan apakah  $VO_2$ max yang diukur memang menunjukkan kapasitas maksimal dari sistem kardiorespirasi dan muskuloskeletal seseorang atau tidak.<sup>11</sup> Terdapat dua teori yang menjelaskan mekanisme dari limitasi dan/atau regulasi dari  $VO_2$ max. Pada tahun 2009, Ekblom et al menyebutkan bahwa limitasi dari  $VO_2$ max memiliki arti bahwa disaat sudah mencapai fase *plateau* dari  $VO_2$ max berarti sistem kardiovaskular telah bekerja sampai batas.<sup>16</sup> Sedangkan, pada tahun yang sama, Noakes dan Marino mengatakan bahwa sistem kardiovaskular tidak pernah mencapai batas kerjanya, dan  $VO_2$ max tersebut diregulasi oleh beberapa unit motorik di bagian tubuh

sebagai upaya preventif agar tubuh tidak menjadi hancur.<sup>17</sup> Selain itu, Petot et al dan Billat et al menunjukkan kemungkinan akan didapatkannya  $VO_2max$  pada saat latihan dengan usaha submaksimal, beda dengan biasanya yaitu dengan usaha maksimal.<sup>18,19</sup> Pada akhirnya, Bruno et al memberikan kesimpulan bahwa  $VO_2max$  tergantung pada aktivitas yang dilakukan dan uji bertahap yang biasa dilakukan tidak memberikan  $VO_2max$  yang sesungguhnya.<sup>11</sup> Hal tersebut merupakan fakta yang menarik dan perlu diteliti lebih lanjut.

### **2.1.1. Anatomi dan Fisiologi yang terkait dengan $VO_2max$**

Volume oksigen maksimum ( $VO_2max$ ) merupakan jumlah maksimal oksigen yang dapat digunakan oleh seorang individu untuk diubah menjadi energi (ATP). Prosesnya adalah sistem pernapasan mengambil oksigen dari lingkungan, kemudian oksigen tersebut diikat oleh hemoglobin di dalam darah dan ditranspor ke sel untuk diubah menjadi energi (ATP).<sup>5</sup> Oleh karena itu, sistem yang terkait dengan  $VO_2max$  adalah:

#### **2.1.1.1 Sistem Pernapasan**

Sistem pernapasan (Gambar 1) terdiri dari hidung, faring, laring, trakea, bronkus dan paru. Sistem pernapasan adalah sistem organ yang digunakan dalam pertukaran gas. Sistem pernapasan bekerja sama dengan sistem kardiovaskular untuk menyediakan oksigen ( $O_2$ ) dan membuang karbondioksida ( $CO_2$ ) dari darah.<sup>6</sup>

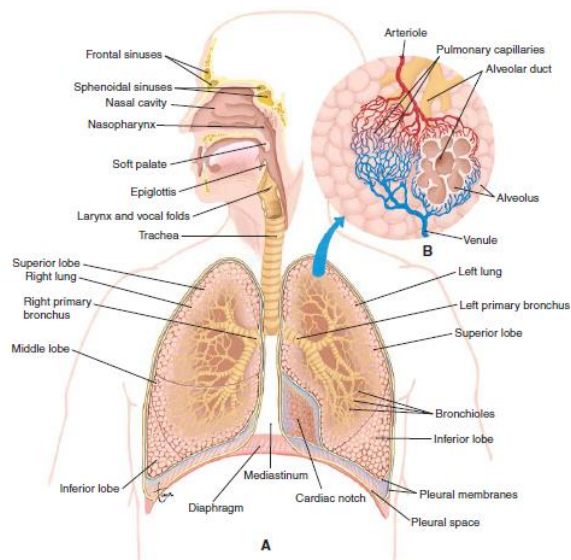
Paru manusia terdiri dari tiga lobus di paru kanan dan dua lobus di paru kiri. Bronkus, pembuluh darah, pembuluh limfe, dan saraf masuk dan keluar melalui hilum pada paru. Jalur pernapasan terdiri dari trakea, bronkus utama kanan dan kiri, bronki kecil dan bronkiolus. Trakea bercabang menjadi bronkus utama kanan dan kiri, yang kemudian masuk ke dalam paru. Selanjutnya, bronkus akan bercabang menjadi bronkus dengan diameter yang lebih kecil. Terdapat 23 percabangan dari trakea sampai alveolus.<sup>6</sup>

Unit fungsional dari paru adalah alveolus. Terdapat jutaan alveolus pada tiap paru dan total luas permukaannya adalah mencapai  $100 \text{ m}^2$ , permukaan tersebut berfungsi sebagai tempat pertukaran gas dengan darah. Permukaan dari alveolus tersebut disebut sebagai membran kapiler-alveolar. Tiap alveolus dikelilingi oleh sekelompok kapiler pulmonar yang berisi darah yang membawa oksigen atau karbondioksida.<sup>20,21</sup>

Ventilasi adalah suatu proses pergerakan udara dari luar menuju alveoli. Pusat dari pernapasan terletak di medulla dan pons. Dua aspek dari ventilasi adalah inhalasi dan ekshalasi, dimana diatur oleh sistem saraf dan otot pernapasan. Inhalasi terjadi saat tekanan alveolus jatuh dibawah tekanan atmosfer. Kontraksi dari diafragma dan otot interkostalis eksterna meningkatkan ukuran dari thoraks, sehingga terjadi penurunan tekanan intrapleura yang menyebabkan paru mengembang. Berkembangnya paru menyebabkan turunnya tekanan alveolus sehingga udara dapat bergerak mengikuti tekanan gradien dari lingkungan menuju

kedalam alveolus. Ekshalasi terjadi ketika tekanan alveolus diatas dari tekanan atmosfer. Relaksasi dari diafragma dan otot interkostalis eksterna menyebabkan recoil dari ukuran thoraks, sehingga menyebabkan peningkatan tekanan intrapleura dan paru mengecil. Kemudian, udara keluar dari alveolus menuju atmosfer.<sup>6</sup>

Pada pernapasan internal dan eksternal, oksigen dan karbondioksida berdifusi dari tempat dengan tekanan yang lebih tinggi ke tempat dengan tekanan yang lebih rendah. Pernapasan eksternal atau pertukaran gas pulmoner merupakan pertukaran gas antara alveolus dengan kapiler pulmoner. Sedangkan, pernapasan internal atau pertukaran gas sistemik merupakan pertukaran gas antara kapiler darah sistemik dengan sel jaringan tubuh, oksigen dan karbondioksida ditranspor oleh hemoglobin yang ada di dalam darah.<sup>6</sup>



**Gambar 1.** Anatomi dari Sistem Respirasi

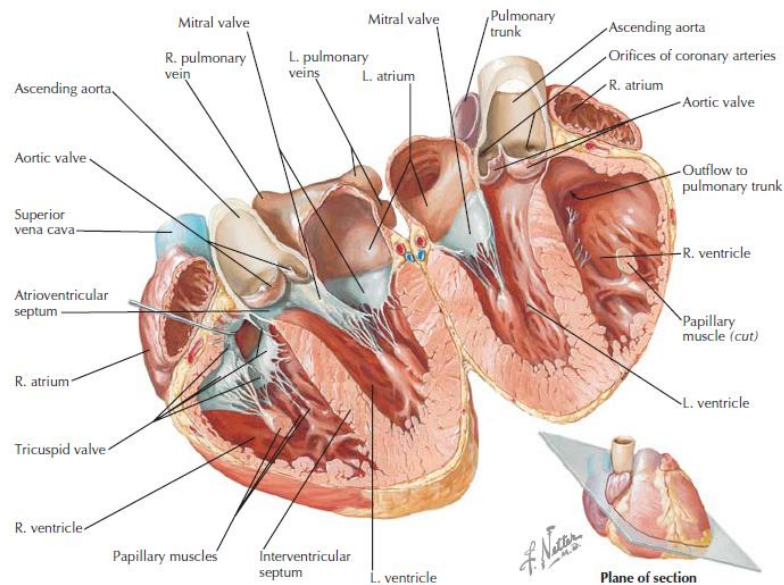
Sumber: Sanders T, Scanlon VC. *Essentials of Anatomy and Physiology*. 7th ed. Higher Education. A. Davis Company; 2015. 690 p.

Bagian A dari Gambar 1 menggambarkan bagian depan dari traktus respiratori atas dan bawah, sedangkan bagian B menunjukkan gambaran mikroskopis dari alveoli dan kapiler pulmonar.

#### 2.1.1.2 Sistem Kardiovaskular

Jantung (Gambar 2) terletak di mediastinum bagian medio-inferior. Jantung dilindungi oleh perikardium yang terdiri dari lapisan fibrosa pada bagian luar dan lapisan serosa pada bagian dalam. Lapisan serosa dibagi menjadi dua lapisan yaitu lapisan parietal dan viseral, diantara lapisan tersebut terdapat ruang perikardium yang diisi oleh cairan perikardium. Cairan tersebut berfungsi untuk mengurangi gesekan antara kedua membran. Jantung terdiri dari 3 lapis otot, yaitu epikardium, miokardium, dan endocardium. Jantung memiliki 4 ruang di dalamnya, yaitu atrium

kanan-kiri dan ventrikel kanan-kiri. Atrium kanan menerima darah dari vena cava superior, vena cava inferior dan sinus koronarium. Darah dari atrium kanan dipompa melalui katup trikuspidalis menuju ventrikel kanan, yang kemudian dipompa menuju paru melalui katup pulmoner untuk dilakukannya proses difusi gas antar kapiler-alveolus. Darah yang teroksigenasi masuk ke atrium kiri dan kemudian dipompa ke ventrikel kiri melalui katup mitral. Dari ventrikel kiri, darah dipompa ke seluruh tubuh melalui katup aorta.<sup>6,21</sup>



**Gambar 2.** Anatomi dari Jantung

Sumber: Mulrone, Susan AKM. *Netter's Essential Physiology*. Philadelphia: Elsevier; 2009. 404 p.

Serat otot kardio biasanya hanya memiliki satu inti yang terletak ditengah. Dibandingkan dengan otot skeletal, otot jantung memiliki mitokondria yang lebih banyak dan lebih besar, retikulum serkoplasma yang lebih kecil dan tubulus transversus yang lebih lebar dimana terdapat

diskus Z. Serat otot kardio dihubungkan dari ujung ke ujung oleh diskus interkalatus. Sistem konduksi disusun oleh serat autoritmik sehingga otot kardio dapat mendepolarisasi dan membuat potensial aksi secara otomatis. Komponen dari sistem konduksi adalah nodus sinoatrial (*pacemaker*), nodus atrioventrikular, berkas His, percabangan berkas dan serabut Purkinje. Sistem konduksi jantung akan menghasilkan siklus kardio yang dapat direkam oleh elektrokardiogram (EKG).<sup>20</sup>

Curah jantung (*cardiac output*) adalah banyaknya darah yang dipompa per menit oleh ventrikel kiri menuju aorta (atau oleh ventrikel kanan menuju trunkus pulmonaris). Isi sekuncup (*stroke volume*) merupakan banyaknya darah yang dipompa oleh ventrikel saat sistol. Isi sekuncup tersebut berkaitan dengan beban sebelum (regangnya otot jantung saat sebelum kontraksi), kontraktilitas dan beban sesudah (tekanan yang harus dilawan sebelum ejeksi dimulai. Curah jantung dapat dikalkulasi dengan menggunakan formula yaitu:<sup>22</sup>

$$\text{CO (mL/menit)} = \text{SV (mL/degup)} \times \text{HR (degup/menit)}$$

### **2.1.1.3 Sistem Muskuloskeletal**

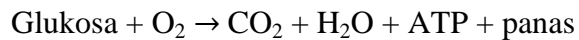
Sel-sel dari otot tubuh berfungsi untuk kontraksi dan menghasilkan gerakan. Otot menghasilkan gerakan dengan cara menarik tulang. Otot skeletal terdiri dari ribuan serat otot. Berbagai macam gerakan tubuh dihasilkan oleh jumlah serat otot yang bervariasi.<sup>22</sup>

Otot skeletal diberi nama berdasarkan arah dari fasikel otot; besar, bentuk, aksi yang dihasilkan, jumlah dari tempat asal (atau kepala) dan



lokasi dari otot tersebut. Pada umumnya, otot skeletal diberi nama berdasarkan ciri kombinasinya.<sup>6</sup>

ATP merupakan unit energi yang digunakan dalam kontraksi otot. Glikogen merupakan sumber energi terbanyak dan dipecah pertama kali menjadi glukosa di mitokondria.<sup>21</sup>



ATP tersebut dipakai untuk kontraksi; panas dipakai untuk mengatur temperatur tubuh; H<sub>2</sub>O menjadi bagian dari cairan intrasel; dan karbondioksida akan diekshalasi. Sumber lainya adalah keratin fosfat, dimana dipecah menjadi keratin + fosfat + energi. Energi yang dihasilkan digunakan untuk mensintesis lebih banyak ATP.<sup>6</sup>

Otot skeletal memiliki struktur mikroskopis yang bertugas untuk melakukan kontraksi. Sarkomer merupakan unit kontraksi dari serat otot. Miosin dan aktin merupakan protein-protein dari sarkomer yang membuat otot berkontraksi. Troponin dan tropomiosin merupakan protein-protein yang dapat menghambat kerja miosin dan aktin saat otot relaksasi. Retikulum sarkoplasma berada di sekitar sarkomer, memiliki fungsi sebagai tempat penyimpanan ion kalsium. Polarisasi adalah potensial istirahat, dimana terjadi ketika otot mengalami relaksasi, sarkolema sedang mengalami biaya energi positif (+) diluar dan biaya energi negatif (-) di dalam. Pada saat polarisasi, ion Na<sup>+</sup> lebih banyak diluar sel dan ion K<sup>+</sup> lebih banyak di dalam sel. Pompa Na<sup>+</sup> dan K<sup>+</sup> berfungsi untuk menjaga konsentrasi tersebut di dalam dan diluar sarkolema. Sedangkan,

depolarisasi adalah sebuah proses yang diawali oleh dorongan saraf. Asetilkolin dikeluarkan oleh akson terminal yang menyebabkan sarkolema menjadi sangat permeabel terhadap ion  $\text{Na}^+$ , sehingga ion  $\text{Na}^+$  akan masuk ke dalam sel dan membuat perubahan biaya energi menjadi negatif (-) di dalam sel dan positif (+) diluar sel. Depolarisasi menyebar sepanjang sarkolema dan menyebabkan terjadinya kontraksi. Repolarisasi adalah ketika ion  $\text{K}^+$  keluar dari sel dengan tujuan untuk mengembalikan keadaan diluar sel menjadi positif (+). Sebuah potensial aksi merupakan proses depolarisasi yang diikuti oleh repolarisasi.<sup>22</sup>

Depolarisasi menstimulasi serangkaian aktivitas di dalam struktur otot yang menyebabkan miosin dapat menarik aktin menuju pusat dari sarkomer, sehingga otot mengalami pemendekan.<sup>6</sup>

### **2.1.2. Faktor yang Memengaruhi $\text{VO}_2\text{max}$**

Pada satu titik, individu tidak dapat lagi meningkatkan intensitas dari aktivitas olahraga yang dilakukan karena tubuh tidak bisa menghasilkan dan menggunakan oksigen lebih banyak untuk mendukung beban tambahan. Pada tahun 2000, Bergh et al membuktikan bahwa volume oksigen maksimal dapat dibatasi oleh semua sistem (atau tahap) dari proses pengiriman oksigen ke tubuh dan mitokondria untuk menghasilkan ATP pada saat kondisi tertentu.<sup>16</sup> Oleh karena itu, tahap yang dapat membatasi  $\text{VO}_2\text{max}$  adalah:

1. Sistem pernapasan. Saat berolahraga, terjadi peningkatan ventilasi yang berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi oksigen dan produksi

karbondioksida dalam tubuh. Reseptor sendi dan otot teraktivasi selama gerakan berlangsung dan menyebabkan peningkatan laju pernapasan saat olahraga dimulai. Oleh karena itu, salah satu faktor yang dapat membatasi  $VO_2\text{max}$  adalah ventilasi. Selain itu, difusi oksigen terbatas atau tidak mampu mengatur gradien untuk difusi oksigen juga merupakan faktor pembatas  $VO_2\text{max}$ .<sup>20</sup>

2. Sistem kardiovaskular. Keterbatasan  $VO_2\text{max}$  terjadi saat aliran darah (Q) atau kapasitas pengangkutan oksigen (Hb) tidak cukup. Sebagai contoh, obat seperti *beta-blocker* dapat membatasi curah jantung sehingga dapat menurunkan  $VO_2\text{max}$ . Contoh lainnya adalah terjadi penurunan kadar Hb pada pasien anemia.<sup>23</sup>
3. Fungsi metabolik dari otot skeletal, seperti tidak mempunya otot dalam menghasilkan ATP karena terbatasnya jumlah mitokondria, banyaknya enzim atau aktivitasnya, dan jumlah substrat. Banyak peneliti yang melaporkan bahwa otot skeletal memiliki kemampuan dalam menggunakan oksigen melebihi yang disediakan oleh sistem pernapasan dan kardiovaskular.<sup>24</sup> Akan tetapi, tidak semua peneliti setuju dengan hal tersebut, melainkan ada peneliti yang menjelaskan bahwa kegagalan otot dalam melakukan tugasnya dapat menyebabkan kelelahan saat olahraga maksimal.<sup>25</sup>

Faktor-faktor yang dapat memengaruhi  $VO_2\text{max}$  adalah:

1. Umur

Pada individu dengan usia muda biasanya memiliki  $VO_2\text{max}$  lebih tinggi dibandingkan individu dengan usia tua.  $VO_2\text{max}$  akan turun sebanyak 1% pertahun setelah umur 25 tahun pada individu pasif. Atlet yang berolahraga regular akan mengalami penurunan dengan persentase lebih sedikit dan penurunannya akan mulai saat umur diakhir 30 tahun.<sup>23</sup>

2. Genetik

Hereditas memengaruhi besarnya tubuh, termasuk jantung dan paru-paru, dan kapasitas pompa dari jantung. Menurut Costa et al pada tahun 2012, genetik memengaruhi sekitar 40-70% dari  $VO_2\text{max}$  yang dimiliki oleh masing-masing individu.<sup>26</sup>

3. Merokok

Seiring dengan bertambahnya umur,  $VO_2\text{max}$  akan mengalami penurunan sebanyak 13% pada individu non-perokok dan sebanyak 15.5% pada individu perokok di usia 20-59 tahun.<sup>27</sup> Selain itu, menurut Larry TW dkk, rata-rata  $VO_2\text{max}$  menurun secara signifikan dan berbanding lurus dengan meningkatnya paparan asap rokok.<sup>28</sup>

4. Jenis Kelamin

Wanita memiliki  $VO_2\text{max}$  lebih sedikit dibanding pria. Hal ini disebabkan karena fisiologi dari tubuh wanita itu sendiri. Perbedaan tersebut terjadi karena wanita memiliki (a) lebih banyak lemak dalam

tubuh<sup>29</sup> (b) lebih sedikit hemoglobin<sup>30</sup>, (c) jantung yang lebih kecil sehingga *stroke volume* lebih kecil.<sup>31,32</sup>

## 5. Indeks Massa Tubuh

Menurut Laxmi CC et al, terdapat korelasi negatif antara Indeks Massa Tubuh (IMT) dengan VO<sub>2</sub>max. Hal tersebut disebabkan karena tingginya lemak tubuh akan meningkatkan beban pada fungsi kardio dan pengambilan oksigen oleh otot yang berkerja.<sup>33</sup>

Dapat disimpulkan bahwa terbatasnya VO<sub>2</sub>max tergantung dari individu masing-masing. Menurut hipotesis, kapasitas pernapasan untuk pertukaran gas pada individu yang tidak terlatih melebihi kapasitas sistem kardiovaskular dalam mengantarkan oksigen.<sup>23</sup> Oleh karena itu, latihan diperlukan untuk meningkatkan kapasitas sistem kardiovaskular dalam mengantarkan oksigen.

## 2.2 Kismis (*Vitis vinifera L.*)

Tanaman anggur liar sudah ada sejak tahun 35000 SM, disaat hanya spesies *Vitis sezoneensis* yang diketahui tumbuh di daerah yang sekarang terkenal sebagai Perancis Selatan.<sup>34</sup> Buah anggur mungkin disimpan dalam bentuk kering sebagai bekal perjalanan pada zaman Neolitikum dan dibuktikan dengan ditemukannya mural di Lachish, Israel oleh para arkeolog.<sup>35</sup> Buah anggur yang disimpan dalam bentuk kering itulah yang disebut sebagai kismis.

Kismis berasal dari kata Latin yaitu *racemes* yang memiliki arti “sekelompok anggur”. Kismis mungkin saja mulai dikonsumsi sejak dahulu

kala, dimana terdapat penyebutan kismis di Kitab Injil pada sekitar tahun 1000 SM.<sup>36</sup> Kismis pertama kali tumbuh pada tahun 2000 SM di Persia dan Mesir dan dipopulerkan oleh orang Mesir dan Fenisia kepada dunia barat karena mudah untuk disimpan dan dikirim. Sampai pada abad ke-20, produsen terbesar kismis dipegang oleh Turki, Iran dan Yunani; beberapa tahun kemudian, Amerika Serikat memegang predikat sebagai produsen terbesar dan disusul oleh Australia di posisi kedua.<sup>35,37</sup>

### 2.2.1. Taksonomi Kismis

Taksonomi buah kismis (*Vitis vinifera L.*) diklasifikasikan seperti berikut:<sup>38</sup>

Kingdom	:Plantae
Divisi	:Magnoliophyta
Kelas	:Magnoliopsida
Ordo	:Rhamnales
Famili	:Vitaceae
Genus	:Vitis L.
Spesies	: <i>Vitis vinifera L.</i>



Diana Taliun via Getty Images

**Gambar 3.** Kismis  
**Sumber:** gettyimages.com

### 2.2.2. Produksi Kismis

Varietas anggur kismis terpenting untuk saat ini adalah Thompson tanpa biji, kismis berwarna kuning pucat tanpa biji, yang juga dikenal sebagai Sultanina. Varietas anggur kismis tersebut pertama kali dibawa ke Amerika oleh William Thompson yang merupakan seorang imigran Skotlandia. Sekarang, hampir 95% kismis yang ada merupakan hasil pengeringan dari anggur Thompson tanpa biji.<sup>35,36</sup>

Pada saat ini, kismis diproduksi dan dikonsumsi hampir seluruh dunia. Amerika Serikat merupakan produsen terbesar kismis dan negara bagian Kalifornia memproduksi 90% kismis dari jumlah total.

Negara bagian Kalifornia menggunakan 3.000.000 ton anggur untuk memproduksi 400.000 ton kismis setiap tahunnya. Negara produsen kismis lainnya adalah Turki, Cina, Iran, Chili, Afrika Selatan, Yunani, Australia dan Uzbekistan.<sup>35</sup>

Kismis yang ada dipasaran dibuat berdasarkan metode pengeringan (natural, pewarnaan emas, lexia), bentuk (berbiji, tidak berbiji, berlapis), tempat asal (Aiyion, Smyrna, Málaga), ukuran dan tingkat kualitas. Warna coklat kismis berasal dari akumulasi pigmen melanin yang dihasilkan dari aktivitas oksidasi polifenol dan reaksi nonenzimatik. Pada anggur Thompson tanpa biji, anggur dicelupkan pada air panas yang diberikan sulfur dioksida untuk mencegah perubahan warna menjadi coklat. Proses pengeringan tidak mengubah nutrisi apapun, yang berbeda dari anggur dan kismis adalah hanya konten airnya saja.<sup>35,37</sup>

Terdapat dua metode dalam mengeringkan anggur untuk dijadikan kismis. Metode pertama yaitu mengeringkan dibawah matahari, bisa dengan menggunakan baki diatas tanah atau digantung di tanaman anggur, selama 2-3 minggu. Metode kedua memerlukan waktu lebih singkat, yaitu dengan cara diberi air panas (87°C-93°C) selama 15-20 detik dan kemudian diletakan di pipa dehidrasi dengan suhu 71°C selama 20-24 jam.<sup>35</sup>



### 2.2.3. Kandungan Kismis

Kismis terkenal sebagai buah yang manis dan kaya akan nutrisi. Kismis memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah menurunkan risiko penyakit kardiovaskular.<sup>39</sup> Manfaat-manfaat tersebut berasal dari komponen-komponen yang dikandung oleh kismis. Kismis dan anggur memiliki kadar gula yang hampir sama. Sama seperti buah lainnya, kismis kaya akan kalium dan rendah akan natrium. Dibandingkan dengan buah lainnya, kismis kaya akan magnesium dan besi.<sup>1</sup> Menurut Esfahani et al, 30 menit setelah pemberian 69 gram kismis yang mengandung 50 gram karbohidrat akan meningkatkan kadar glukosa darah sebanyak 3,5 mmol/l dan pada menit ke-30 merupakan puncak dari peningkatan glukosa darah.<sup>40</sup>

Selain itu, kismis memiliki indeks glikemik yang sedang yaitu 64 sehingga kismis akan dicerna dan akan meningkatkan glukosa dalam tubuh dengan kecepatan moderat.<sup>3</sup> Untuk menentukan indeks glikemik dari suatu makanan, subjek diberikan makanan percobaan sebanyak 50 gram karbohidrat dan makanan kontrol dengan jumlah karbohidrat yang sama di hari yang berbeda. Glukosa darah akan dimonitor selama 2 jam sesaat setelah makan untuk mengetahui adanya kenaikan pada glukosa darah. Perubahan glukosa darah yang ada akan di catat dalam bentuk kurva. Nilai dari indeks glikemik dikalkulasi dengan cara membagi respon glukosa selama 2 jam pada makanan percobaan dengan respon glukosa selama 2 jam pada makanan kontrol. Hasil

akhir dari indeks glikemik merupakan rata-rata dari indeks glikemik yang didapatkan dari subjek percobaan. Indeks glikemik setinggi 64 pada kismis memiliki arti bahwa respon glukosa darah terhadap karbohidrat pada kismis adalah 64% dari respon glukosa darah pada makanan dengan karbohidrat murni.<sup>41,42</sup>

Dibawah (Tabel 1.) ini merupakan tabel yang berisi komposisi gizi dari kismis Thompson tanpa biji.<sup>43</sup>

<b>Nutrisi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai per porsi (32.5 gram)</b>
Air	g	5
Energi	kcal	97.5
Karbohidrat	g	25.7
Gula (Total)	g	19.6
Glukosa	g	9
Fruktosa	g	9.7
Sukrosa	g	0.14
Zat Besi	mg	0.6
Magnesium	mg	10.6
Kalium	mg	243

**Tabel 2.** Kandungan Gizi dari Kismis

#### 2.2.4. Kismis dan $VO_2\text{max}$

Kismis merupakan sumber karbohidrat dengan indeks glikemia yang sedang sehingga cocok untuk makanan sebelum berolahraga karena dapat menyediakan energi yang cukup dan optimal.<sup>44</sup> Penelitian menunjukkan bahwa memakan makanan dengan karbohidrat tinggi sebelum berolahraga dapat meningkatkan ketahanan tubuh saat olahraga.<sup>45</sup>

Karbohidrat dipecah menjadi glukosa yang diserap di ileum. Dari saluran pencernaan, glukosa masuk ke dalam sistem vena porta dan dikirim menuju hati. Darah keluar dari hati melalui vena cava menuju jantung. Dari jantung, darah akan masuk ke dalam sirkulasi sistemik.<sup>46</sup>

Glukosa yang ada di dalam darah akan disebar ke seluruh tubuh sebagai bahan bakar dalam pembuatan ATP. Jumlah ATP yang tinggi sangat dibutuhkan untuk siklus kontraksi untuk memompa  $Ca^{2+}$  menuju retikulum sarkoplasma dan reaksi metabolisme yang berhubungan dengan kontraksi otot. Akan tetapi, ATP yang tersedia di dalam serat otot cukup untuk kontraksi otot dalam beberapa detik. Jika kontraksi otot terus berlanjut, serat otot akan menghasilkan lebih banyak ATP. Serat otot memiliki 3 cara untuk menghasilkan ATP: (1) dari fosfat kreatin, (2) dari glikolisis anaerobik, dan (3) respirasi aerobik. Respirasi aerobik terjadi ketika oksigen yang ada di dalam tubuh cukup. Proses ini dimulai saat asam piruvat, yang dibentuk saat

glikolisis, memasuki mitokondria. Respirasi aerobik merupakan sebuah proses (siklus Krebs dan rangkaian transport elektron) yang membutuhkan oksigen untuk menghasilkan ATP, karbondioksida, air dan panas. Oleh karena itu, saat oksigen tersedia, glikolisis, siklus Krebs dan rangkaian transport ion terjadi. Walaupun proses ini lebih lama dibandingkan glikolisis anaerob, proses ini menghasilkan lebih banyak ATP daripada proses lainnya. Setiap molekul glukosa akan menghasilkan 30-32 ATP pada akhir dari proses ini.<sup>6</sup>

Oksigen yang digunakan dalam proses respirasi aerobik berasal dari difusi oksigen yang berasal dari darah kedalam serat otot dan oksigen yang dilepas oleh myoglobin. Myoglobin (ditemukan di sel otot) dan hemoglobin (ditemukan di sel darah merah) merupakan protein pengikat oksigen. Kedua protein tersebut mengikat oksigen saat oksigen tersedia banyak di dalam tubuh dan melepaskannya saat dibutuhkan.<sup>21</sup>

Semua proses yang diuraikan diatas dapat memengaruhi  $VO_2\text{max}$  karena  $VO_2\text{max}$  merupakan kapasitas maksimum dari sistem pulmoner, kardiovaskular dan muskuloskeletal dalam mengonsumsi, mentransportasi dan memakai oksigen di dalam tubuh secara berurutan.<sup>7</sup> Oleh karena itu, berdasarkan uraian diatas, kismis dapat memengaruhi besarnya  $VO_2\text{max}$  seseorang.

### 2.3 Latihan Fisik Aerobik

Latihan fisik aerobik, sering disebut sebagai latihan kardio, membutuhkan jantung untuk memompa darah teroksigenasi ke otot yang sedang berkerja. Latihan tersebut menstimulasi peningkatan denyut jantung dan laju pernapasan dengan tujuan untuk mempertahankan kegiatan tersebut.<sup>47</sup>

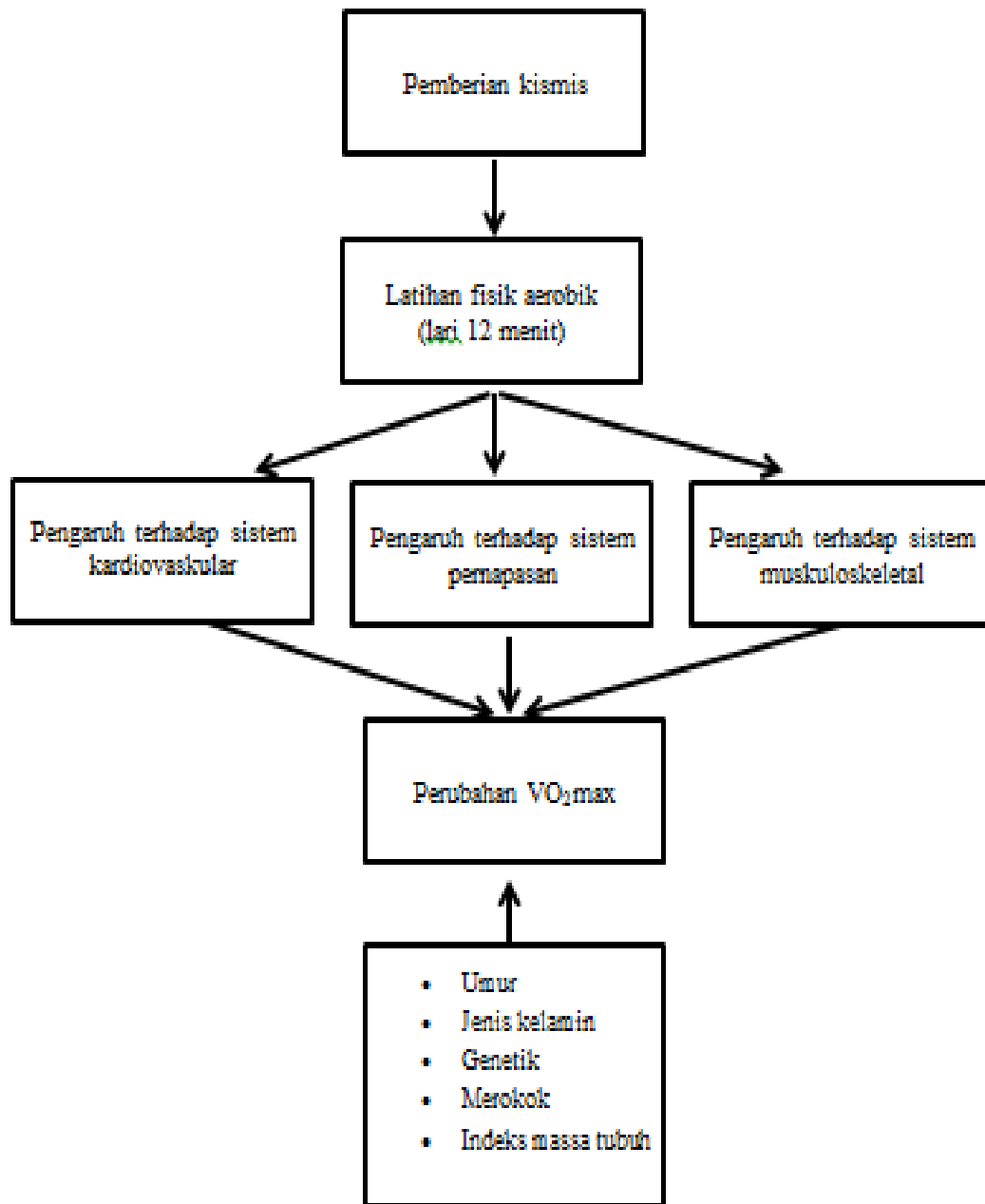
Latihan fisik aerobik menghasilkan banyak adaptasi fisiologis dalam tubuh, salah satunya adalah kapasitas oksigen maksimal atau  $VO_{2max}$ .<sup>4</sup> Oleh karena itu, latihan fisik aerobik melibatkan unsur oksigen dan dapat terlaksana pada latihan fisik yang berlangsung lebih dari empat menit dan bersifat terus menerus.<sup>48</sup> Latihan fisik aerobik yang dipakai dalam penelitian ini adalah tes Cooper.

Tes Cooper merupakan suatu tes dengan tujuan untuk memprediksikan  $VO_{2max}$ . Pada tes ini, sampel diminta untuk menyelesaikan lap pada jalur lari sebanyak mungkin selama 12 menit.<sup>49</sup> Kemudian, nilai dari seberapa jauh individu berlari (dalam meter) dimasukkan kedalam suatu formula yang telah distandarisasi, yaitu:

$$\frac{\text{Jarak yang ditempuh dalam meter} - 504,9}{44,73}$$

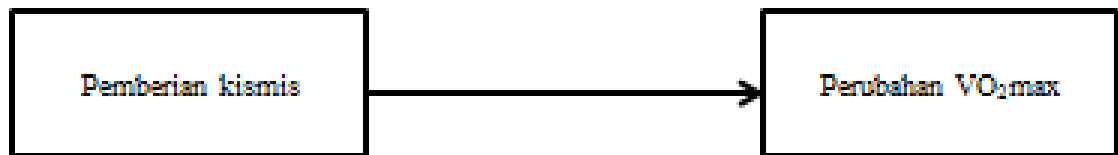
Menurut Bandyopadhyay et al, tes Cooper memiliki perbedaan hasil yang insignifikan dengan  $VO_{2max}$  yang diukur menggunakan tes langsung yaitu ergometer sepeda Muller. Tes tersebut sampai saat ini masih populer karena hanya membutuhkan alat penelitian yang mudah dan terjangkau.<sup>50</sup>

## 2.4 Kerangka Teori



Gambar 4. Kerangka Teori

## 2.5 Kerangka Konsep



**Gambar 5.** Kerangka Konsep

## 2.6 Hipotesis

Pemberian kismis akan memengaruhi VO<sub>2</sub>max pada mahasiswa usia muda Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.