

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kapasitas Aerobik Maksimal (VO<sub>2</sub>max)**

##### **2.1.1. Definisi**

Menurut F. I Katch dalam Vema, kapasitas aerobik maksimal (VO<sub>2</sub>max) menggambarkan jumlah oksigen yang digunakan pada saat beraktivitas dengan intensitas tinggi. VO<sub>2</sub>max menggambarkan kondisi kebugaran dan dinyatakan dengan satuan mililiter per kilogram per menit (ml/kg/menit).<sup>10</sup>

Kapasitas aerobik maksimal (VO<sub>2</sub>max) merupakan jumlah penggunaan oksigen maksimal pada sistem metabolik otot. Nilai absolut VO<sub>2</sub>max yang dinyatakan dalam satuan liter per menit menggambarkan kebugaran kardiovaskuler (kapasitas fungsional dan rantai transpor oksigen) serta faktor-faktor anatomis dan fisiologis yang memengaruhi sejak udara masuk ke dalam paru-paru sampai proses fosforilasi oksidatif sel.<sup>11</sup>

Menurut Armstrong, perkiraan rata-rata nilai VO<sub>2</sub>max pada anak laki-laki dan perempuan usia 6-12 tahun adalah 44,2-58 ml/kg/menit. Namun, pada penelitian Rodrigues di tahun 2006, didapatkan rata-rata nilai VO<sub>2</sub>max yang lebih rendah, yaitu pada anak laki-laki berusia 10-14 tahun sebesar 42,95-49,55 ml/kg/menit dan pada anak perempuan sebesar 36,76-38,29 ml/kg/menit.<sup>12</sup>

### 2.1.2. Faktor yang memengaruhi VO<sub>2</sub>max

Menurut Nurhasan dalam Safitri, faktor-faktor yang dapat mempengaruhi VO<sub>2</sub>max adalah genetik, umur, jenis kelamin, aktivitas fisik, kebiasaan olahraga, status gizi, kadar hemoglobin, status kesehatan, kebiasaan merokok, kecukupan istirahat.<sup>13</sup>

Menurut Uliyandari, faktor-faktor yang memengaruhi VO<sub>2</sub>max antara lain jenis kelamin, usia, latihan fisik, suhu tubuh, fungsi kardiovaskuler, fungsi pulmonal, hemoglobin dalam sel darah merah, komposisi tubuh dan ketinggian tempat.<sup>14</sup>

#### 2.1.2.1. Genetik

Penelitian pada anak kembar membuktikan bahwa genetik sangat memengaruhi nilai VO<sub>2</sub>max terutama di usia anak hingga dewasa awal.<sup>15</sup> Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Williams membuktikan bahwa nilai VO<sub>2</sub>max dapat dipengaruhi oleh genetik dimana ditemukan 97 gen yang memengaruhi kepekaan peningkatan nilai VO<sub>2</sub>max terhadap latihan.<sup>16</sup>

#### 2.1.2.2. Umur

Nilai VO<sub>2</sub>max pada anak-anak lebih rendah daripada dewasa. Hal ini dipengaruhi oleh faktor maturitas organ-organ vital. Maturitas ini berbeda pada masing-masing individu, namun di bawah usia 12 tahun, nilai rata-rata VO<sub>2</sub>max laki-laki dan perempuan sama. Setelah usia 12 tahun, VO<sub>2</sub>max laki-laki meningkat sampai usia 18 tahun, sementara pada perempuan setelah usia 14 tahun hanya terjadi sedikit perubahan VO<sub>2</sub>max.

Nilai  $VO_2\text{max}$  mencapai puncak pada dewasa muda yakni usia 25-27 tahun.<sup>17</sup>

#### 2.1.2.3. Jenis kelamin

Menurut Keller, kemampuan  $VO_2\text{max}$  pria lebih tinggi 10-25% daripada perempuan. Hal ini disebabkan oleh perbedaan hormonal yang menyebabkan wanita memiliki konsentrasi hemoglobin lebih rendah dan lemak tubuh lebih besar.<sup>18</sup>

#### 2.1.2.4. Aktivitas fisik

Nilai  $VO_2\text{max}$  dapat meningkat sebesar 10% dengan olahraga. Intensitas latihan yang lama dapat meningkatkan dan frekuensi latihan yang lebih sering juga dapat meningkatkan  $VO_2\text{max}$  walaupun hanya sedikit.<sup>19</sup>

Olahraga meningkatkan nilai  $VO_2\text{max}$  dengan meningkatkan curah jantung, volume sekuncup, dan selisih kadar oksigen arteri-vena. Olahraga meningkatkan  $VO_2\text{max}$  sebesar 50% dan 50% nilai  $VO_2\text{max}$  istirahat sebagai akibat peningkatan ekstraksi oksigen oleh otot yang bekerja.<sup>20</sup>

#### 2.1.2.5. Komposisi tubuh

Penelitian yang dilakukan oleh Andriani membuktikan bahwa terdapat hubungan negatif bermakna antara komposisi tubuh yang dinyatakan dalam IMT dengan  $VO_2\text{max}$ .<sup>21</sup>

Menurut So dan Choi, obesitas dapat membatasi keleluasaan seseorang dalam melakukan berbagai macam aktivitas. Deposisi lemak

yang tidak proporsional juga menyebabkan sistem muskuloskeletal gagal untuk memperoleh jumlah oksigen yang cukup saat berolahraga, sehingga beban fungsi kardiorespirasi bertambah.

#### 2.1.2.6. Status gizi

Status gizi dapat memengaruhi nilai  $VO_2\text{max}$ . Penelitian yang dilakukan oleh Neola membuktikan bahwa orang dengan status gizi gemuk atau obesitas dan status gizi kurus memiliki nilai tes kebugaran yang buruk dibandingkan dengan responden dengan status gizi normal.<sup>22</sup>

Kebugaran jasmani terbaik dimiliki oleh orang dengan status gizi normal. Hasil lebih rendah terdapat pada status gizi kurus, dan hasil terendah pada status gizi lebih.<sup>22</sup>

#### 2.1.2.7. Status kesehatan

Status kesehatan menyatakan seseorang dalam keadaan sehat atau sakit. Status kesehatan merupakan salah satu determinan atau faktor penentu dari ketahanan kardiovaskuler. Kemampuan untuk menjalani aktivitas fisik yang berat dapat diketahui dengan menggambarkan status kesehatan seseorang. Hal ini juga diperlukan sebelum melakukan tes kebugaran sehingga status kesehatan responden dapat dikontrol.<sup>23</sup>

$VO_2\text{max}$  juga dipengaruhi oleh riwayat penyakit seperti kelainan pada jaringan otot<sup>24</sup>, penyakit paru<sup>25</sup>, penyakit ginjal dan kelainan jantung<sup>26</sup>, sindrom metabolik<sup>27</sup>, dll.

#### 2.1.2.8. Hemoglobin

Kapasitas transpor oksigen dipengaruhi oleh massa hemoglobin total. Massa hemoglobin total menunjukkan massa absolut dari sirkulasi hemoglobin di dalam tubuh yang mana menggambarkan kapasitas transpor oksigen. Kadar hemoglobin bergantung pada massa hemoglobin total dan volume plasma. Proporsi oksigen dalam plasma hanya 0,3 ml/100 ml plasma dan tiap gram hemoglobin dalam eritrosit mengikat 1,39 ml oksigen. Maka, kadar hemoglobin darah berperan penting dalam  $VO_{2max}$ .<sup>19</sup>

#### 2.1.2.9. Suhu tubuh

Peningkatan suhu inti tubuh akan mengurangi laju aliran darah permukaan dan dapat menyokong kemampuan aerobik dalam keadaan panas. Sebaliknya, suhu kulit/permukaan tubuh yang panas ( $>35^{\circ}C$ ) akan meningkatkan aliran darah permukaan.  $VO_{2max}$  akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu permukaan tubuh.<sup>19</sup>

#### 2.1.2.10. Ketinggian tempat

$VO_{2max}$  berkurang seiring dengan kenaikan ketinggian di atas 1600m. Setiap penambahan ketinggian 1000m,  $VO_{2max}$  berkurang 8-11%.<sup>19</sup>

Tekanan udara di tempat yang lebih tinggi cenderung lebih rendah, sehingga tekanan oksigen juga cenderung lebih rendah. Secara fisiologis, tubuh mengompensasi penurunan tekanan oksigen dengan memproduksi 2,3 Biphosphoglycerate (2,3 BPG) yang membantu

hemoglobin melepaskan oksigen dengan cara menurunkan afinitas hemoglobin terhadap oksigen sehingga oksigen berpindah ke sel dan masuk ke jaringan tubuh untuk menghindari keadaan hipoksia.<sup>28</sup>

### 2.1.3. Pengukuran Kapasitas Aerobik Maksimal

Beberapa metode pengukuran VO<sub>2</sub>max di antaranya :

a. Ergometer Sepeda

Subjek diminta mengayuh sepeda dengan irama 50x/menit tanpa beban selama 1-2 menit. Kemudian, beban dinaikkan secara perlahan. EKG direkam setiap menit dan tekanan darah diukur pada permulaan dan akhir tahap pembebanan. Subjek mengayuh selama 6 menit pada setiap tahap beban. Nadi harus dicatat dengan mengambil denyut nadi pada 10 detik terakhir setiap 1 menit.<sup>29</sup>

b. Harvard Step Test

Menurut Depkes dalam Thibri, dalam Harvard Step Test, probandus diminta untuk melakukan uji coba naik turun bangku Harvard sesuai irama metronome 120 kali per menit selama 5 menit. Tinggi bangku Harvard yang digunakan adalah 48 cm untuk probandus laki-laki dan 43 cm untuk probandus perempuan.<sup>30</sup> Setelah 1 menit istirahat, dilakukan pengukuran denyut nadi selama 30 detik pada menit pertama, kedua, dan ketiga. Nilai yang diperoleh kemudian dimasukkan pada rumus :  $PFI = \text{durasi percobaan dalam detik} \times 100/2(\text{denyut nadi}$

menit 1 + menit 2 + menit 3). Hasil penghitungan dinilai dengan tabel di bawah.

**Tabel 2.** Tabel penilaian VO<sub>2</sub>max Harvard Step Test<sup>31</sup> :

Penilaian	Laki-laki	Perempuan
Sangat baik	>115	>91
Baik	103-115	84-91
Cukup	91-102	77-83
Buruk	<91	<77

c. Tes Cooper

Probandus diminta untuk berlari dalam lintasan sepanjang 400 meter selama 12 menit. Di akhir menit ke-12, jarak yang sudah dilewati probandus diukur dan dimasukkan ke dalam rumus sebagai berikut :

$$VO_2 \text{ max} = \frac{d_{12} - 505}{45}$$

$d_{12}$  adalah jumlah total putaran yang dilakukan dalam 12 menit.

VO<sub>2</sub>max dinyatakan dalam ml/liter/menit.<sup>32</sup>

d. Tes Balke

Probandus diminta berlari selama 15 menit di lintasan sepanjang 400 meter. Jarak yang ditempuh dicatat untuk dimasukkan ke dalam rumus<sup>13</sup> :

$$VO_2 \text{ max} = 33,3 + \frac{\text{jarak tempuh}}{15} - 133 \times 0,712$$

e. *Multistage-20 m-Shuttle Run Test*

Pada *multistage-20 m-shuttle run test*, probandus diminta untuk berlari dalam lintasan berjarak 20 meter dengan kecepatan yang diatur oleh rekaman aba-aba yang bersuara pada interval waktu tertentu.

Kecepatan di menit pertama adalah 8,5 km/jam, dan bertambah 0,5 km/jam setiap menit berikutnya. Penilaian diambil dari total jarak yang ditempuh probandus sampai ia berhenti atau gagal untuk mencapai tujuan saat aba-aba bersuara.<sup>33</sup> Hasil kemudian dikonversikan ke dalam tabel prediksi  $VO_2\text{max}$ .

## 2.2. Kebugaran Kardiorespirasi

Sistem kardiorespirasi merupakan rangkaian fungsi fisiologis tubuh manusia yang meliputi sistem kardiovaskuler dan respirasi.<sup>34</sup>

Sistem kardiovaskuler terdiri dari darah, jantung, dan pembuluh darah. Jantung memompa darah melalui pembuluh ke jaringan tubuh untuk menyuplai oksigen dan nutrisi serta mengeliminasi zat-zat sisa.<sup>35</sup>

Pada kondisi istirahat, jantung berdenyut kurang lebih 70 kali per menit, cenderung menurun (bradikardia) saat tidur dan meningkat (takikardia) pada olahraga, demam, pengaruh emosi, dan stimuli lain. Volume total darah kurang lebih sebanyak 8% berat badan (5600 ml pada berat badan 70 kg).<sup>36</sup>

Proses respirasi merupakan proses *uptake* oksigen dan pembuangan karbon yang dilaksanakan oleh paru-paru. Kadar oksigen total dalam darah arteri kurang lebih sebanyak 19,8 ml/dl dan dalam darah vena kurang lebih sebanyak 15,2 ml/dl. Kurang lebih 4,6 ml oksigen dipindah ke jaringan dari setiap liter darah yang melewatinya.<sup>36</sup>

Sirkulasi darah terdiri dari sirkulasi pulmoner dan sirkulasi sistemik. Sirkulasi pulmoner meliputi kerja ventrikel jantung memompa darah ke paru-paru untuk menyerap oksigen dan melepaskan karbon dioksida, lalu melalui pembuluh darah kembali masuk ke jantung melalui atrium kiri. Pada sirkulasi sistemik, darah yang mengandung oksigen dipompa ke seluruh tubuh.<sup>35</sup>

Menurut Nieman dalam Febrianta, kebugaran kardiorespirasi adalah kemampuan untuk melakukan aktivitas berat / intensitas tinggi dalam periode yang panjang. Hal ini didukung oleh kemampuan sistem jantung-paru untuk bekerja dengan baik dalam mentranspor oksigen ke otot untuk pembakaran energi.<sup>34</sup> Kebugaran kardiorespirasi dapat ditentukan dengan nilai volume ambilan oksigen maksimal ( $VO_2\text{max}$ ).<sup>37</sup>

### **2.3. Perkembangan Fungsi Kardiorespirasi pada Anak Usia 10-13 Tahun**

$VO_2\text{max}$  pada anak dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni kadar lemak tubuh, usia, jenis kelamin, penyakit dan genetik, serta aktivitas fisik sebagai determinan utama<sup>38</sup> dan pada masa pubertas, terjadi perubahan-perubahan yang terjadi secara struktural, hormonal, dan biokimiawi yang memengaruhi nilai  $VO_2\text{max}$ .<sup>12</sup>

Kadar lemak sebagai komponen komposisi tubuh, memengaruhi fungsi kardiorespirasi. Rerata kadar lemak tubuh pada anak laki-laki usia 9 tahun adalah ~16,8% dan pada anak perempuan ~19,4%.<sup>39</sup> Lemak merupakan komponen yang inert dalam metabolisme. Maka, pada nilai

kapasitas transpor oksigen yang sama,  $VO_2\text{max}$  anak laki-laki cenderung lebih besar daripada anak perempuan di usia yang sama.<sup>11</sup>

Menurut Armstrong dalam Nugraheni,  $VO_2\text{max}$  anak usia 8-16 tahun yang tidak dilatih mengalami peningkatan progresif dan linier seiring usia, dengan  $VO_2\text{max}$  pada anak laki-laki menjadi lebih tinggi daripada anak perempuan di usia 10 tahun. Laki-laki mencapai nilai puncak  $VO_2\text{max}$  di usia 17-25 tahun, sementara perempuan usia 12-15 tahun. Umumnya, kemampuan aerobik turun secara perlahan setelah usia 25 tahun.<sup>19</sup>

Penelitian pada probandus anak kembar membuktikan pengaruh genetika pada nilai  $VO_2\text{max}$  dan menyimpulkan bahwa faktor genetik sangat memengaruhi nilai  $VO_2\text{max}$  di usia anak-anak hingga dewasa awal.<sup>15</sup> Selain itu,  $VO_2\text{max}$  pada anak-anak juga dipengaruhi oleh riwayat penyakit seperti kelainan pada jaringan otot<sup>24</sup>, penyakit paru<sup>25</sup>, penyakit ginjal dan kelainan jantung<sup>26</sup>, sindrom metabolik<sup>27</sup>, dll.

Faktor penting dalam aktivitas fisik berhubungan dengan lama, intensitas, dan frekuensi kegiatan.<sup>40</sup> Menurut Suleman dalam Andriani, saat melakukan aktivitas fisik, sistem respirasi bekerja lebih keras untuk memenuhi kebutuhan oksigen terutama pada otot rangka. Tekanan darah, volume sekuncup (*stroke volume*), denyut jantung (*heart rate*), dan *cardiac output* juga meningkat. Latihan fisik yang dilakukan secara teratur akan melatih sistem kardiovaskuler supaya lebih efisien dalam memompa darah dan mengantarkan oksigen ke otot-otot yang digunakan saat berolahraga.<sup>21</sup> Penelitian yang dilakukan pada siswa SMP di Banjarmasin pada tahun 2011

menemukan bahwa setiap penambahan nilai aktivitas fisik satu tingkat pada kuesioner aktivitas fisik akan menaikkan nilai VO<sub>2</sub> maks sebesar 0,334 ml/kg/menit.<sup>40</sup>

## **2.4. Olahraga**

### **2.4.1. Jenis-jenis Olahraga**

Secara umum, olahraga dibagi menjadi olahraga aerobik dan anaerobik. Olahraga aerobik adalah olahraga yang bergantung pada suplai oksigen dan dilakukan secara kontinyu dalam intensitas rendah atau sedang. Contoh olahraga aerobik adalah jalan kaki, bersepeda, atau *jogging*. Sedangkan, olahraga anaerobik merupakan olahraga yang tidak bergantung pada suplai oksigen. Olahraga anaerobik membutuhkan energi yang besar dalam waktu singkat. Pembakaran energi yang cepat dengan suplai oksigen rendah menghasilkan produk sampingan berupa asam laktat yang sering menyebabkan rasa nyeri atau lelah karena sifat asam laktat yang menghambat kontraksi otot.<sup>41</sup>

Beberapa olahraga permainan merupakan kombinasi dari olahraga aerobik dan anaerobik, dimana selain dibutuhkan gerak tubuh yang kontinyu, dibutuhkan pula energi yang besar dalam waktu singkat dalam meloncat, mengoper, melempar, menendang bola, memukul bola atau juga mengejar bola dengan cepat. Contoh olahraga yang merupakan kombinasi olahraga aerobik dan anaerobik adalah sepakbola, bola basket, dan tenis lapangan.<sup>41</sup>

### 2.4.2. Bola Voli

Menurut Margajaya dalam Afiffudin, bola voli adalah olahraga permainan yang dilakukan oleh dua regu, masing-masing regu beranggotakan enam orang. Tujuan permainan ini adalah menyeberangkan bola melewati atas net ke daerah lapangan lawan dengan cara melambungkan bola. Regu pemenang adalah regu yang lebih dahulu mencapai skor 25.<sup>42</sup>

Dalam sebuah tim terdapat empat peran penting, yaitu tosser (setter), spiker (smash), libero, dan defender (pemain bertahan). Tossier atau pengumpan bertugas untuk mengumpangkan bola kepada regunya dan mengatur jalannya permainan. Spiker bertugas untuk memukul bola agar jatuh di daerah pertahanan lawan. Libero adalah pemain bertahan yang bisa bebas keluar dan masuk tetapi tidak boleh melakukan smash bola ke seberang net. Defender adalah pemain bertahan untuk menerima serangan dari lawan.<sup>42</sup>

Setiap babak (kecuali pada babak kelima) dimenangkan oleh regu yang lebih dahulu mencetak skor 25 poin dengan selisih dua poin di atas regu lawan. Pada kasus seri dengan poin 24-24, permainan dilanjutkan hingga diperoleh selisih dua poin (misalnya 26-24;27-25;dll.).<sup>43</sup>

Pertandingan dimenangkan oleh regu yang memenangkan tiga babak permainan. Pada kasus seri dengan kemenangan 2-2 babak oleh masing-masing regu, maka permainan dilanjutkan dengan babak penentuan atau

babak kelima. Babak kelima dimenangkan oleh regu yang lebih dahulu mencetak skor 15 dengan selisih dua poin di atas regu lawan.<sup>43</sup>

Tidak ada batas waktu dalam permainan bola voli. Permainan berakhir saat salah satu regu berhasil memenangkan tiga putaran pertandingan.<sup>43</sup> Maka dari itu, kapasitas aerobik yang baik sangat penting dalam pertandingan bola voli.<sup>19</sup>

### 2.4.3. Sepak Bola

Pertandingan sepak bola diikuti oleh dua regu yang terdiri dari sebelas anggota. Tujuan permainan adalah sebanyak mungkin memasukkan bola ke gawang lawan. Regu juga berusaha menggagalkan serangan lawan dan melindungi gawangnya supaya lawan tidak dapat memasukkan bola.<sup>34</sup>

Pertandingan terdiri dari dua periode permainan, masing-masing berlangsung selama 45 menit, kecuali jika ada persetujuan tertentu antara wasit dan kedua regu. Persetujuan untuk mengubah durasi permainan harus dilakukan sebelum pertandingan dimulai tanpa mengabaikan peraturan permainan.<sup>44</sup>

Unsur-unsur dalam permainan sepak bola meliputi gerakan tanpa bola dan gerakan dengan bola. Gerakan tanpa bola terdiri dari lari dan berubah arah, melompat, dan gerak tipu tanpa bola. Sementara gerakan dengan bola terdiri dari gerakan menendang bola (*kicking*), menerima bola (*receiving the ball*), menyundul bola (*heading*), menggiring bola (*dribbling*), gerak tipu (*feinting*), teknik merebut bola (*tackling*), dan teknik penjaga gawang (bertahan dan menyerang).<sup>45</sup>

#### 2.4.4. Renang

Menurut Okičić, dkk. dalam Jorgić, dkk., renang terdiri dari gerakan-gerakan mendayung yang berbeda cara dan hasilnya di lintasan, dan dilakukan secara berulang-ulang.<sup>46</sup>

Menurut Mulyaningsih dalam Wahyudi, olahraga renang terdiri dari gaya bebas, gaya dada, gaya punggung, dan gaya kupu-kupu.<sup>47</sup>

Performa atlet renang sangat dipengaruhi oleh daya tahan aerobik sehingga VO<sub>2</sub>max dapat digunakan untuk memprediksi kedisiplinan latihan pada perenang. Menurut Hood, VO<sub>2</sub>max, panjang dayungan pada kecepatan submaksimal, dan indeks dayungan dapat digunakan untuk memprediksi kesuksesan perenang bebas 400 meter.<sup>46</sup>

#### 2.4.5. Taekwondo

Taekwondo adalah olahraga bela diri yang memiliki satu aliran, berbeda dengan bela diri lainnya. Di bawah *World Taekwondo Federation* (WTF), pertandingan-pertandingan taekwondo memiliki aturan yang baku untuk semua negara.<sup>48</sup>

Tujuan pertandingan taekwondo adalah untuk mencetak sebanyak mungkin skor dengan teknik tendangan atau pukulan di area penilaian, atau dengan mengalahkan lawan.<sup>49</sup> Taekwondo sendiri terbagi dua cabang pertandingan yakni kyorugi dan poomsae.<sup>48</sup>

Dalam kyorugi atau pertandingan bebas, atlet saling menyerang untuk menjatuhkan lawan dan melakukan pertahanan diri dari serangan menggunakan teknik-teknik tendangan dan pukulan dalam taekwondo.

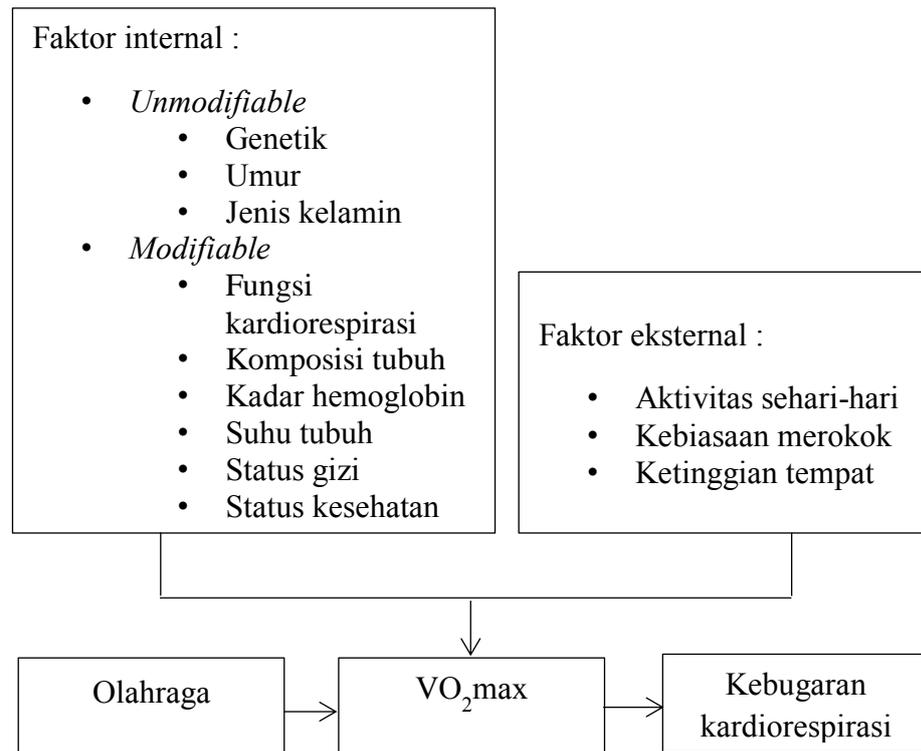
Kyorugi membutuhkan ketahanan fisik, kecepatan aksi-reaksi, fleksibilitas, dan variasi-variasi tendangan, serangan, pertahanan, dan mental yang kuat. Menurut WTF, pertandingan kyorugi terdiri dari tiga ronde, masing-masing berdurasi dua menit dengan satu menit jeda antar ronde. Penilaian kyorugi berdasarkan pada poin yang didapat dari penampilan teknik tendangan dan pukulan. Sistem pertandingan menggunakan sistem single elimination tournament (sistem gugur) yang terdiri dari babak penyisihan sampai ke babak final.<sup>48</sup>

Dalam poomsae, gerakan-gerakan yang dilakukan merupakan kombinasi dari dasar gerakan menyerang dan bertahan yang tetap. Menurut Suryadi, poomsae adalah rangkaian teknik gerakan dasar serangan dan pertahanan diri yang dilakukan melawan lawan imajiner dengan mengikuti diagram gerakan tertentu yang terdiri dari minimal 20 gerakan dan maksimal 48 gerakan<sup>48</sup>. Peningkatan keterampilan atlet taekwondo dilakukan dengan latihan poomsae. Berlatih poomsae juga melatih ketajaman pikiran dan disiplin.<sup>48</sup>

Sistem pertandingan poomsae menggunakan sistem cut off yang sangat ditentukan oleh jumlah peserta. Jika jumlah peserta lebih dari 20 orang, maka pertandingan terdiri dari babak penyisihan, semifinal, dan final. Jika jumlah peserta 9 sampai 19 orang, maka pertandingan dibagi dalam dua babak, yaitu : semifinal dan final. Jika jumlah peserta kurang dari 9, pertandingan hanya terdiri dari babak yaitu final.<sup>48</sup>

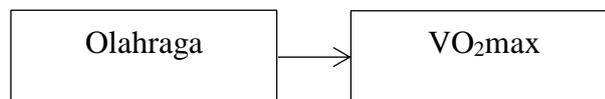
Durasi pertandingan taekwondo yang pendek memicu respon denyut jantung hampir maksimal (90% denyut jantung puncak) dan peningkatan konsentrasi laktat ( $7,0-12,2 \text{ mmol}^{-1}$ ). Hal ini menjelaskan bahwa taekwondo melibatkan metabolisme aerobik dan anaerobik secara bersamaan.<sup>49</sup>

## 2.5. Kerangka Teori



**Gambar 1.** Kerangka Teori

## 2.6. Kerangka Konsep



**Gambar 2.** Kerangka Konsep

## 2.7. Hipotesis

### 2.7.1. Hipotesis Mayor

Hipotesis mayor pada penelitian ini adalah terdapat perbedaan VO<sub>2</sub>max antar cabang olahraga.

### **2.7.2. Hipotesis Minor**

- 1) Nilai  $VO_2\text{max}$  olahraga bola voli lebih tinggi daripada olahraga sepak bola.
- 2) Nilai  $VO_2\text{max}$  olahraga sepak bola lebih tinggi daripada olahraga renang.
- 3) Nilai  $VO_2\text{max}$  olahraga renang lebih tinggi daripada olahraga taekwondo.