

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penyakit Jantung dan Pembuluh Darah

##### 2.1.1 Definisi

Menurut WHO (2013), *Cardio Vascular Disease (CVD)* atau penyakit jantung dan pembuluh darah adalah sekelompok penyakit yang berasal dari gangguan pada jantung dan pembuluh darah. Penyakit jantung dan pembuluh darah terdiri dari:

- (1) penyakit jantung koroner yaitu gangguan pada pembuluh darah dan nutrisi ke otot jantung.
- (2) penyakit serebrovaskular gangguan pada pembuluh darah yang menyerupai darah dan nutrisi ke otak.
- (3) penyakit arteri perifer adalah gangguan pada pembuluh darah yang menyerupai darah dan nutrisi ke tangan dan kaki.
- (4) penyakit jantung rematik adalah kerusakan pada otot dan katup jantung karena adanya demam rematik yang disebabkan bakteri *streptokokus*;
- (5) penyakit jantung kongenital gangguan pembentukan struktur jantung yang ada sejak lahir.
- (6) trombosis vena dalam dan emboli paru adalah sumbatan yang terdapat di vena kaki yang mampu lepas dari pembuluhnya dan berpindah ke jantung atau paru.

##### 2.1.2 Prevalensi

Seperti yang telah dikatakan sebelumnya, hipertensi juga menyumbang banyak peran dalam penyakit jantung dan kardiovaskular. Hasil riset kesehatan dasar tahun 2012 menunjukkan bahwa prevalensi pada usia 18 tahun ke atas secara nasional adalah 31,7%. Hanya 7,2% penduduk yang sudah mengetahui bahwa dirinya memiliki hipertensi dan 0,4% yang sudah meminum obat hipertensi. Hasil riset dasar tahun 2013 menunjukkan prevalensi hipertensi yang didapat melalui pengukuran pada umur  $\geq 18$  tahun sebesar 25,8%, sedangkan yang didapat melalui kuesioner terdiagnosis tenaga kesehatan pada tahun 2013 adalah sebesar 9,4% yang didiagnosis tenaga kesehatan atau sedang minum obat sebesar 9,5%. Jadi, ada 0,1% yang minum obat sendiri. Responden yang mempunyai tekanan darah normal tetapi

sedang minum obat hipertensi sebesar 0,7%. Jadi, prevalensi hipertensi di Indonesia cukup tinggi dan perlu lebih diperhatikan (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Kementerian Kesehatan RI (BPPK Kemenkes RI), 2013).

### **2.1.3 Faktor Risiko Penyakit Jantung dan Pembuluh Darah**

Faktor risiko yang paling berperan seperti yang diatas adalah faktor perilaku. Faktor perilaku terdiri dari empat hal yaitu diet yang tidak sehat, kekurangan aktivitas fisik, konsumsi tembakau (rokok) dan konsumsi alkohol yang berlebihan.

Kekurangan aktivitas dan diet tidak sehat mampu telah diteliti mampu meningkatkan tekanan darah, gula darah, dan lemak darah. Berat badan yang berlebihan serta obesitas juga meningkat. Fasilitas kesehatan primer menggunakan hal-hal tersebut di atas untuk memonitor dan mencegah peningkatan risiko terjadinya serangan jantung, stroke, gagal jantung dan komplikasi lainnya (WHO, 2013).

## **2.2 Fisiologi Jantung**

Jantung dapat dianggap sebagai 2 bagian pompa yang terpisah terkait fungsinya sebagai pompa darah. Masing-masing terdiri dari satu atrium-ventrikel kiri dan kanan. Berdasarkan sirkulasi dari kedua bagian pompa jantung tersebut, pompa kanan berfungsi untuk sirkulasi paru sedangkan bagian pompa jantung kiri berperan dalam sirkulasi sistemik untuk seluruh tubuh. Kedua jenis sirkulasi yang dilakukan oleh jantung ini adalah suatu proses yang berkesinambungan dan berkaitan sangat erat untuk asupan oksigen manusia demi kelangsungan hidupnya (Guyton & Hall, 2014).

Ada 5 pembuluh darah mayor yang mengalirkan darah dari dan ke jantung. Vena cava inferior dan vena cava superior mengumpulkan darah dari sirkulasi vena (disebut darah biru) dan mengalirkan darah biru tersebut ke jantung sebelah kanan. Darah masuk ke atrium kanan, dan melalui katup trikuspid menuju ventrikel kanan, kemudian ke paru-paru melalui katup pulmonal. Darah yang biru tersebut melepaskan karbondioksida, mengalami oksigenasi di paru-paru, selanjutnya darah ini menjadi berwarna merah. Darah merah ini kemudian menuju atrium kiri melalui keempat vena pulmonalis. Di atrium kiri, darah mengalir ke ventrikel kiri melalui katup mitral dan selanjutnya dipompakan ke aorta (Syarifuddin, 2014).

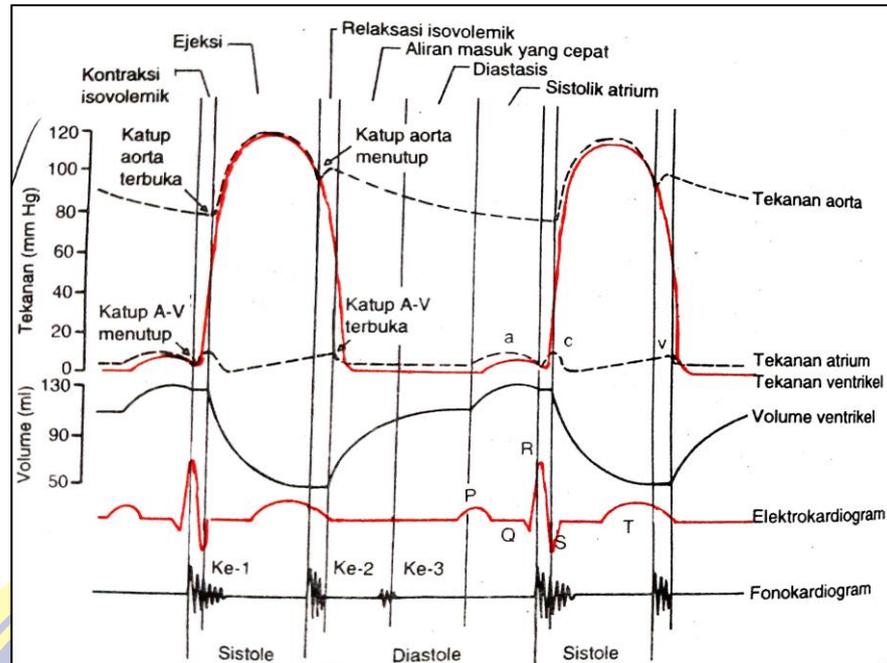
Tekanan arteri yang dihasilkan dari kontraksi ventrikel kiri, dinamakan tekanan darah sistolik. Setelah ventrikel kiri berkontraksi maksimal, ventrikel ini mulai mengalami relaksasi dan darah dari atrium kiri akan mengalir ke ventrikel ini. Tekanan dalam arteri akan segera turun saat ventrikel terisi darah. Tekanan ini selanjutnya dinamakan tekanan darah diastolik. Kedua atrium berkontraksi secara bersamaan, begitu pula dengan kedua ventrikel (Sherwood, 2014).

### **2.2.1 Sirkulasi Jantung**

Siklus jantung adalah peristiwa yang terjadi pada jantung berawal dari permulaan sebuah denyut jantung sampai berakhirnya denyut jantung. Setiap siklus dimulai oleh pembentukan potensial aksi yang spontan dalam nodus sinus. Nodus ini terletak pada dinding lateral superior atrium kanan dekat tempat masuk vena kava superior, dan potensial aksi menjalar dengan cepat sekali melalui kedua atrium dan kemudian melalui berkas A-V ke ventrikel. Karena ada pengaturan khusus sistem konduksi dari atrium menuju ventrikel, ditemukan keterlambatan selama lebih dari  $\frac{1}{10}$  detik sewaktu impuls jantung menyebabkan atrium akan berkontraksi mendahului ventrikel sehingga akan memompakan darah ke dalam ventrikel sebelum kontraksi ventrikel yang kuat. Jadi, atrium itu berkerja sebagai pompa primer bagi ventrikel dan ventrikel selanjutnya akan menyediakan sumber kekuatan yang utama untuk memompakan darah ke sistem pembuluh darah (Guyton & Hall, 2014).

#### **a. Sistol dan Diastol**

Siklus jantung terdiri atas satu periode relaksasi yang disebut diastole, yaitu periode pengisian jantung dengan darah, yang diikuti oleh satu periode kontraksi yang disebut sistol.



**Gambar 2.1 Siklus Jantung (Guyton & Hall, 2014).**

Peristiwa berbeda yang terjadi selama siklus jantung. Kurva ketiga paling atas secara berurutan menunjukkan perubahan-perubahan tekanan di dalam aorta, ventrikel kiri dan atrium kiri. Kurva keempat melukiskan perubahan volume ventrikel. Kurva kelima adalah elektrokardiogram dan kurva keenam adalah fonokardiogram yang merupakan rekaman bunyi yang dihasilkan oleh jantung terutama oleh katup jantung sewaktu memompakan darah (Guyton & Hall, 2014).

## 2.2.2 Sirkulasi Darah

### a. Sirkulasi Sistemik

Sistem sirkulasi sistemik dimulai ketika darah yang mengandung banyak oksigen yang berasal dari paru dipompa keluar oleh jantung melalui ventrikel kiri ke aorta, selanjutnya ke seluruh tubuh melalui arteri-arteri hingga mencapai pembuluh darah yang diameternya paling kecil (kapiler) (Sherwood, 2014).

Kapiler melakukan gerakan kontraksi dan relaksasi secara bergantian, yang disebut dengan *vasomotion* sehingga darah mengalir secara *intermittent*. Dengan aliran yang demikian, terjadi pertukaran zat melalui dinding kapiler yang hanya terdiri dari selapis sel endotel. Ujung kapiler yang membawa darah teroksigenasi disebut arteriole sedangkan ujung

kapiler yang membawa darah terdeoksigenasi disebut venule. Terdapat hubungan antara arteriole dan venule *capillary bed* yang berbentuk seperti anyaman. Ada juga hubungan langsung dari arteriole ke venule melalui arteri-vena anastomosis (A-V anastomosis). Darah dari arteriole mengalir ke venule, kemudian sampai ke vena besar (*v.cava superior* dan *v.cava inferior*) dan kembali ke jantung kanan (atrium kanan). Darah dari atrium kanan selanjutnya memasuki ventrikel kanan melalui katup trikuspidalis (Guyton & Hall, 2014).

#### **b. Sirkulasi Pulmonal**

Sistem sirkulasi pulmonal dimulai ketika darah yang terdeoksigenasi yang berasal dari seluruh tubuh, yang dialirkan melalui vena cava superior dan vena cavainferior kemudian ke atrium kanan dan selanjutnya ke ventrikel kanan, meninggalkan jantung kanan melalui arteri pulmonalis menuju paru-paru (kanan dan kiri). Di dalam paru, darah mengalir ke kapiler paru dimana terjadi pertukaran zat dan cairan sehingga menghasilkan darah yang teroksigenasi. Oksigen diambil dari udara pernapasan. Darah yang teroksigenasi ini kemudian dialirkan melalui vena pulmonalis (kanan dan kiri), menuju ke atrium kiri dan selanjutnya memasuki ventrikel kiri melalui katup mitral (bikuspidalis). Darah dari ventrikel kiri kemudian masuk ke aorta untuk dialirkan ke seluruh tubuh (dan dimulai lagi sirkulasi sistemik) (Syarifuddin, 2014).

#### **2.2.3 Fisiologi Otot Jantung**

Jantung terdiri atas tiga tipe otot jantung yang utama yakni otot atrium, otot ventrikel dan otot khusus penghantar rangsangan dan pencetus rangsangan. Tipe otot atrium dan ventrikel berkontraksi dengan cara yang sama seperti otot rangka, hanya saja lamanya kontraksi otot-otot tersebut lebih lama. Sebaliknya, serat-serat khusus penghantar dan pencetus rangsangan berkontraksi dengan lemah sekali sebab serat-serat ini hanya mengandung sedikit serat kontraktif. Serat-serat ini menghambat irama dan berbagai kecepatan konduksi sehingga dapat berkerja sebagai suatu sistem pencetus rangsangan bagi jantung (Guyton & Hall, 2014).

## 2.3 Sistem Penyediaan Energi

Tubuh membutuhkan makanan agar menghasilkan energi untuk aktivitas. Bahan makanan yang masuk ke dalam lambung tidak dapat digunakan secara langsung untuk menghasilkan energi. Tetapi diubah menjadi bahan kimia yang berbentuk adenosine trifosfat (ATP) (Muhajir, 2012).

Otot membutuhkan energi untuk melakukan aktivitas terutama berasal dari karbohidrat dan lemak. Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja. Sedangkan, kerja diartikan sebagai daya yang dilakukan pada jarak tertentu (Sharkly, 2011).

Bila ATP dipecah menjadi *adenosinedifosfat* (ADP) dan *fosfat inorganik* (PI) maka, akan dihasilkan energi sebesar 7-12 kilo kalori. Energi hasil pemecahan ATP ini dapat digunakan secara langsung untuk aktivitas otot (Fox, 1993). ATP terdiri dari komponen yang sangat kompleks yaitu adenosine dan tiga buah gugus fosfat (Ganong dalam Widjajakusumah (*ed.*), 2015). Pembentukan ATP dapat dilakukan melalui 3 cara yaitu (1) sistem ATP-PC (*phosphagen system*), (2) sistem glikolisis anaerobik (*lactid acid system*) dan (3) sistem aerobik (*aerobic system*).

### 2.3.1 Sistem ATP-PC (*Phosphagen System*)

ATP yang tersedia di dalam otot sangat terbatas jumlahnya. Agar otot dapat berkontraksi berulang-ulang maka, ATP yang telah digunakan harus dibentuk kembali. Kontraksi otot yang cepat dan kuat memerlukan pembentukan ATP yang cepat pula. Dalam otot terdapat senyawa sederhana yang dapat digunakan untuk pembentukan ATP kembali. Senyawa tersebut adalah *phosphocreatine* (PC). PC dalam otot jumlahnya sangat terbatas yaitu kurang lebih lima kelipatan jumlah ATP. Apabila PC pecah akan menghasilkan energi yang digunakan untuk mensintesa ATP (Fox, 1993).

### 2.3.2 Sistem Glikolisis Anaerobik

Jika cadangan ATP dan PC sudah habis digunakan untuk aktivitas dan aktivitas latihan masih dilakukan maka, sumber energi berikutnya adalah pemecahan glukosa melalui glikolisis anaerobik (*lactid acid system*). Glikolisis anaerobik adalah proses pemecahan glikogen yang tersimpan dalam sel otot untuk mendapatkan energi yang akan digunakan untuk mensintesa ATP. Pembentukan energi ini lebih lambat jika dibandingkan dengan sistem ATP-PC karena

dibutuhkan 12 macam reaksi yang berurutan (Bompa, 2015). Glikolisis anaerobik memiliki ciri-ciri sebagai berikut (Fox, 1993).

- (1) menyebabkan terbentuknya asam laktat yang dapat menyebabkan kelelahan;
- (2) tidak membutuhkan oksigen;
- (3) hanya menggunakan karbohidrat; dan
- (4) menghasilkan energi untuk meresintesa molekul ATP.

## 2.4 $VO_2MAX$

### 2.4.1 Definisi

Latihan olahraga di berbagai intensitas meningkatkan pengambilan oksigen maksimal ( $VO_2Max$ ) sebagai prediktor terkuat dari kardiovaskular dan semua penyebab kematian (Scribbans, 2016). Kebugaran dapat diukur dengan volume oksigen yang dapat dikonsumsi saat berolahraga dengan kapasitas maksimum.  $VO_2Max$  adalah jumlah maksimum oksigen dalam mililiter, satu dapat digunakan dalam satu menit per kilogram berat badan. Mereka yang fit memiliki  $VO_2$  lebih tinggi 2 nilai  $Max$  dan bisa latihan lebih intens daripada mereka yang tidak melakukan aktivitas fisik (Mackenzie, 2001).

$VO_2Max$  adalah volume oksigen maksimum yang dapat digunakan permenit. Menurut Guyton dan Hall (2014)  $VO_2Max$  adalah kecepatan pemakaian oksigen dalam metabolisme aerob maksimum.  $VO_2Max$  merupakan daya tangkap aerobik maksimal menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dikonsumsi per satuan waktu oleh seseorang selama latihan atau tes dengan latihan yang makin lama makin berat sampai kelelahan, ukurannya disebut  $VO_2Max$  (Sharkley, 2011).

Volume  $O_2Max$  ini adalah suatu tingkatan kemampuan tubuh yang dinyatakan dalam liter per menit atau milliliter/menit/kg berat badan. Setiap sel dalam tubuh manusia membutuhkan oksigen untuk mengubah makanan menjadi ATP (*adenosine triphosphate*) yang siap dipakai untuk kerja tiap sel yang paling sedikit mengkonsumsi oksigen adalah otot dalam keadaan istirahat. Sel otot yang berkontraksi membutuhkan banyak ATP. Akibatnya, otot yang dipakai dalam latihan membutuhkan lebih banyak oksigen dan menghasilkan  $CO_2$  (Bompa, 2015).

### 2.4.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Tahan Kardiorespirasi

Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi daya tahan kardiorespirasi.

(1) Genetik (Keturunan).

Daya tahan kardiovaskuler dipengaruhi oleh faktor genetik yakni sifat-sifat spesifik yang ada dalam tubuh seseorang sejak lahir (Sharkey, 2011).

(2) Jenis Kelamin.

Sampai dengan usia pubertas tidak terdapat perbedaan antara laki-laki dan perempuan. Setelah usia tersebut nilai pada wanita lebih rendah 15%-25% dari laki-laki. Perbedaan tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan *maximal muscular power* yang berhubungan dengan luas permukaan tubuh, komposisi tubuh, kekuatan otot, jumlah hemoglobin, kapasitas paru-paru dan sebagainya (Sharkey, 2011).

(3) Usia.

Mulai anak-anak sampai sekitar usia 20 tahun daya tahan jantung meningkat dan mencapai maksimal pada usia 20-30 tahun dan kemudian berbanding terbalik dengan usia sehingga pada orang yang berusia 70 tahun diperoleh daya tahan 50% dari daya tahan yang dimiliki ketika usia 17 tahun. Hal ini disebabkan oleh penurunan faal organ *transport* dan penggunaan oksigen yang terjadi akibat bertambahnya usia. Akan tetapi, hal ini dapat diperlambat dengan melakukan latihan (Sharkey, 2011).

(4) Komposisi Tubuh.

Walaupun  $VO_2Max$  dinyatakan dalam beberapa milliliter oksigen per kg berat badan per menit, perbedaan komposisi tubuh seseorang menyebabkan konsumsi oksigen yang berbeda. Sharkey (2011) mengemukakan bahwa “ $VO_2Max$  seseorang dihitung per unit berat badan, jadi jika lemak meningkat maka  $VO_2Max$  seseorang akan menurun.” Perbedaan komposisi tubuh seseorang menyebabkan konsumsi oksigen yang berbeda.

## (5) Latihan.

Efek langsung dari olahraga atau latihan fisik yang paling dirasakan adalah meningkatnya derajat jantung dan frekuensi pernafasan sebagai reaksi adaptasi dari tubuhnya akan terjadi beberapa perubahan penting pada sistem jantung dan peredaran darah, seperti peningkatan tegangan.

(6) *Tones* (otot polos dari arteri), peningkatan daya difusi oksigen ( $O_2$ ) dan karbondioksida ( $CO_2$ ) dalam kapiler paru-paru dan jaringan lainnya, peningkatan volume kuncupan jantung dan meningkatnya denyut jantung (Sharkey, 2011).

### 2.4.3 Faktor-faktor yang mempengaruhi $VO_2Max$

Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi  $VO_2Max$ .

- (1) Kemampuan kimia dari sistem jaringan selular otot untuk menggunakan oksigen dalam pembentukan energi
- (2) Kemampuan sistem kardiovaskular jantung dan paru-paru untuk pengangkut oksigen ke jaringan otot.

Menurut Willmor dan Costil (2010), level  $VO_2Max$  dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu untuk non atlet dan atlet sebagaimana tampak dalam Tabel 2.1 dan 2.2 di bawah ini.

**Tabel 2.1 Kategori  $VO_2Max$  Non Atlet Berdasarkan Umur**

Usia	Pria	Wanita
10-19	47-56	38-46
20-29	43-52	33-42
30-39	39-48	30-38
40-49	36-44	26-35
50-59	34-41	24-33
60-69	31-38	22-30
70-79	28-35	20-27

**Tabel 2.2 Kategori  $VO_2Max$  Atlet Berdasarkan Kelompok Umur di Cabor Renang**

Olahraga	Usia	Pria	Wanita
Renang	10-25	50-70	40-60

Tabel 2.3 Klasifikasi  $VO_2Max$ 

Gender	Excellent	Above Average	Average	Below Average	Poor
Male	>90.0	80.0 - 90.0	65.0 - 79.9	55.0 - 64.9	<55
Female	>86.0	76.0 - 86.0	61.0 - 75.9	50.0 - 60.9	<50

Macam tes dan pengukuran  $VO_2Max$  adalah tes lari 2,4 km (metode *cooper*), tes lari 15 menit (metode *balke*), tes lari *multi-stage*, tes *cooper* 12 menit, *ergocycle*, *treadmill*, *Harvard step test* (Sharkey, 2011).

Table 2.4 Penilaian  $VO_2Max$  Laki-laki

*Applicable to men. The value should be corrected for age., using the factor given below.*

Heart rate	Maxial oxygen uptake litres/min					Heart rate	Maxial Oxygen Uptake litres/min				
	300 Kpm/min	600 Kpm/min	900 Kpm/min	1200 Kpm/min	1500 Kpm/min		300 Kpm/min	600 Kpm/min	900 Kpm/min	1200 Kpm/min	1500 Kpm/min
120	2.2	3.5	4.8			148	2.4	3.2	4.3	5.4	
121	2.2	3.4	4.7			149	2.3	3.2	4.3	5.4	
122	2.2	3.4	4.6			150	2.3	3.2	4.3	5.3	
123	2.1	3.4	4.6			151	2.3	3.1	4.2	5.2	
124	2.1	3.3	4.5	6.0		152	2.3	3.1	4.1	5.2	
125	2.0	3.2	4.4	5.9		153	2.2	3.0	4.1	5.1	
126	2.0	3.2	4.4	5.8		154	2.2	3.0	4.0	5.1	
127	2.0	3.1	4.3	5.7		155	2.2	3.0	4.0	5.0	
128	2.0	3.1	4.2	5.6		156	2.2	2.9	4.0	5.0	
129	1.9	3.0	4.2	5.6		157	2.1	2.9	3.9	4.9	
130	1.9	3.0	4.1	5.5		158	2.1	2.9	3.9	4.9	
131	1.9	2.9	4.0	5.4		159	2.1	2.8	3.8	4.8	
132	1.8	2.9	4.0	5.3		160	2.1	2.8	3.7	4.8	
133	1.8	2.8	3.9	5.3		161	2.0	2.8	3.7	4.7	
134	1.8	2.8	3.9	5.2		162	2.0	2.8	3.7	4.6	
135	1.7	2.8	3.8	5.1		163	2.0	2.8	3.6	4.6	
136	1.7	2.7	3.8	5.0		164	2.0	2.7	3.6	4.5	
137	1.7	2.7	3.7	5.0		165	2.0	2.7	3.6	4.5	
138	1.6	2.7	3.7	4.9		166	1.9	2.7	3.6	4.5	
139	1.6	2.6	3.6	4.8		167	1.9	2.6	3.5	4.4	
140	1.6	2.6	3.6	4.8	6.0	168	1.9	2.6	3.5	4.4	
141		2.6	3.5	4.7	5.9	169	1.9	2.6	3.5	4.3	
142		2.5	3.5	4.6	5.8	170	1.8	2.6	3.4	4.3	
143		2.5	3.4	4.6	5.7						
144		2.5	3.4	4.5	5.7						
145		2.4	3.4	4.5	5.6						
146		2.4	3.3	4.4	5.6						
147		2.4	3.3	4.4	5.5						

Tabel 2.5 Penilaian Faktor  $VO_2Max$ 

Factor to be used for correction predicted of maximal oxygen uptake ( $VO_2Max$ ) depend on age (modified by P.O. Astrand, 1970)

Age	Corrected factor
15	1.10
16	1.09
17	1.08
18	1.07
19	1.06
20	1.05
<b>21</b>	<b>1.04</b>
22	1.03
23	1.02
24	1.01
25	1.00
26	0.987
27	0.974
28	0.961
29	0.948
30	0.935
31	0.922
32	0.909
33	0.896
34	0.883
35	0.870
36	0.862
37	0.854
38	0.846
39	0.838
40	0.830
45	0.780
50	0.750
55	0.710
60	0.680
65	0.650

Gambar 2.2 Klasifikasi  $VO_2Max$  (P.O. Astrand, 1970)

Age	Maximal oxygen uptake, $VO_2$ l, ml/kg X min.					
	low	somewhat low	average	high	very high	
♀	20-29	1.69 28	1.70-1.99 29-34	2.00-2.49 35-43	2.50-2.79 44-48	2.80 49
	30-39	1.59 27	1.60-1.89 28-33	1.90-2.39 34-41	2.40-2.69 42-47	2.70 48
	40-49	1.49 25	1.50-1.79 26-31	1.80-2.29 32-40	2.30-2.59 41-45	2.60 46
	50-65	1.29 21	1.30-1.59 22-28	1.60-2.09 29-36	2.10-2.39 37-41	2.40 42
	60-69	1.19 21	1.20-1.49 22-26	1.50-1.99 27-35	2.00-2.49 36-39	2.30 40
♂	20-29	2.79 38	2.80-3.09 39-43	3.10-3.69 44-51	3.70-3.99 52-56	4.00 57
	30-39	2.49 34	2.50-2.79 35-39	2.80-3.39 40-47	3.40-3.69 48-51	3.70 52
	40-49	2.19 30	2.20-2.49 31-35	2.50-3.09 36-43	3.10-3.39 44-47	3.40 48
	50-59	1.89 25	1.90-2.19 26-31	2.20-2.79 32-39	2.80-3.09 40-43	3.10 44
	60-69	1.59 21	1.60-1.89 22-26	1.90-2.49 27-35	2.50-2.79 36-39	2.80 40

Tabel 2.7 Klasifikasi  $VO_2Max$  (ml/kg/min) by Fitness and Recreation Center Male, non-athlete

Age \ Result	Very Low	Low	Average	High	Very High
20 - 29	-25	25 - 36	34 - 42	43 - 52	53+
30 - 39	-23	23 - 30	31 - 38	39 - 48	49+
40 - 49	-20	20 - 26	27 - 35	36 - 44	45+
50 - 59	-18	18 - 24	25 - 33	34 - 42	43+
60 - 69	-16	16 - 22	23 - 30	31 - 40	41+

**Table 2.8 Klasifikasi  $VO_2Max$  (ml/kg/min) by Fitness and Recreation Center Female, non-athlete**

Result Age	Very Low	Low	Average	High	Very High
20 – 29	<24	24 – 30	31 – 47	38 – 48	49+
30 – 39	<20	20 – 27	28 – 33	34 – 44	45+
40 – 49	<17	17 – 23	24 – 30	31 – 41	42+
50 – 59	<15	15 – 20	21 – 27	28 – 37	38+
60 – 69	<13	13 – 17	18 – 23	24 – 34	35+

$VO_2Max$  classification by Lakesia – NAVY

Very high	= >52 cc $O_2$ /kg bb/min
High	= 48.1 – 52 cc $O_2$ /kg bb/min
Average	= 42.1 – 48 cc $O_2$ /kg bb/min
Low	= 38.1 – 42 cc $O_2$ /kg bb/min
Very low	= <38 cc $O_2$ /kg bb/min

### 2.5 Heart Rate Istirahat

Menurut American Heart Association (2014) denyut nadi adalah denyut yang dirasakan saat jantung berdenyut per menitnya. Denyut nadi dapat dirasakan pada beberapa tempat misalnya. Pergelangan tangan (arteri radialis), lipatan siku (arteri brachialis), leher (arteri jugularis) dan beberapa tempat lainnya. Denyut nadi normal adalah sekitar 70 denyut/ menit. Pada orang yang terlatih seperti atlet, denyut nadi hanya sekitar 50 denyut/menit. Hal ini disebabkan kemampuan jantung untuk memompa darah per menitnya meningkat tajam akibat latihan yaitu sekitar 100 ml per denyutnya (orang normal hanya 71 ml/denyut). Denyut nadi wanita dan pria memiliki sedikit perbedaan, dikarenakan perbedaan ukuran tubuh.

Wanita cenderung memiliki ukuran tubuh lebih kecil dari pada pria sehingga rata-rata denyut jantungnya lebih rendah (McArdle *et al.*, 2010).

Denyut nadi basal adalah denyut nadi istirahat pada saat bangun tidur sebelum melakukan aktivitas (Hjalmarsen, 2010). Denyut nadi basal yang tinggi menggambarkan adanya ketidakseimbangan pada sistem saraf otonom, dengan aktivitas saraf simpatis yang meningkat atau saraf parasimpatis (vegal) yang menurun. Denyut nadi (dan denyut jantung) adalah determinan utama konsumsi oksigen miokard dan penggunaan energi. Meningkatnya denyut nadi akan mengurangi waktu perfusi diastolik pembuluh darah koroner. Dengan dua faktor ini, dapat dikatakan bahwa meningkatnya denyut nadi, mampu memicu adanya kejadian iskemia. Peningkatan saraf simpatis dan penurunan sistem saraf parasimpatis akan meningkatkan fibrilasi ventikular. Setelah latihan, penurunan yang signifikan pada denyut nadi terutama pada atlet dipercepat oleh peningkatan aktivitas sistem saraf parasimpatis disebut efek vegal (Imai *et al.*, 2010).

Hubungan denyut nadi basal dengan latihan interval intensitas tinggi dan latihan kontinu intensitas tinggi melalui studi terakhir mengalami penurunan signifikan setelah menyelesaikan periode intervasi. Latihan Interval intensitas tinggi dengan keuntungan yang lebih besar pada denyut nadi basal keduanya dapat digunakan untuk menurunkan resiko kardiovaskular (Hottenrott *et al.*, 2012).

## **2.6 Heart Rate Recovery**

*Recovery Heart Rate* atau denyut nadi pemulihan adalah denyut nadi yang diukur setelah seseorang selesai melakukan aktivitas tertentu. Penurunan denyut nadi yang cukup setelah seseorang usai melakukan suatu aktivitas dapat menggambarkan fungsi jantung yang lebih baik. Seseorang yang melakukan latihan berat memerlukan waktu lebih lama yaitu sekitar 30 menit untuk kembali ke denyut jantung normal saat istirahat (Colwin, 2009). Waktu yang dibutuhkan untuk mencapai denyut nadi normal kembali seperti sebelum melakukan aktivitas fisik disebut pemulihan denyut nadi. Waktu yang dibutuhkan untuk pemulihan setelah latihan merupakan suatu penanda tingkat kebugaran fisik seseorang. Pemulihan pasca latihan fisik yang meliputi reaktivasi sistem parasimpatis dan deaktivasi dari sistem simpatis akan menyebabkan penurunan denyut jantung.

Pemulihan denyut nadi juga dipengaruhi oleh faktor stimulasi pada kemoreseptor dan baroreseptor yang disertai dengan pembersihan metabolit dan eliminasi panas tubuh dan katekolamin.

Waktu pemulihan denyut nadi latihan dalam 3-5 menit telah sempurna, jadi data yang penting digunakan adalah data pemulihan denyut nadi menit ke-0, menit ke-2, menit ke-4 dan menit ke-6 setelah latihan (Azwar, 2012). Setelah 5 menit latihan denyut jantung akan melemah, hal ini menunjukkan bahwa jantung tidak lagi bekerja keras untuk mensuplai kebutuhan ATP. Dalam 30 detik, cadangan ATP pulih sebesar 70% dan akan mencapai 100% dalam waktu 3-5 menit (Scott, 2007).

Hubungan *Heart Rate* Istirahat dengan latihan interval intensitas tinggi dan kontinu melalui studi terakhir mengalami penurunan segera signifikan setelah menyelesaikan periode intervensi. Latihan interval intensitas tinggi berhubungan dengan keuntungan yang lebih besar pada denyut nadi basal. Keduanya dapat digunakan untuk menurunkan risiko kardiovaskular (Hottenrott *et al.*, 2012).

*Heart rate recovery* atau biasa disebut dengan denyut nadi pemulihan adalah jumlah denyut nadi permenit yang diukur setelah istirahat (Jaureguizar *et al.*, 2017). Pengukuran ini diperlukan untuk melihat seberapa cepat kemampuan tubuh seseorang melakukan pemulihan setelah melakukan aktivitas yang berat (Putri *et al.*, 2018). Pemulihan denyut jantung setelah latihan merupakan prediktor mortalitas kardiovaskular dan efektifitas program pelatihan terhadap fungsi kardiovaskular dapat dinilai dari perubahan denyut nadi yang terjadi. Masa pemulihan adalah suatu proses yang kompleks bertujuan untuk mengembalikan energi tubuh, memperbaiki jaringan otot yang rusak setelah berolahraga dan memulai suatu proses adaptasi tubuh terhadap olahraga (Pramono *et al.*, 2018).

**Tabel 2.9 Kategori *Heart Rate* Normal Berdasarkan Umur**

Kategori	Usia	<i>Heart Rate/denyut nadi</i>
Bayi	0-1 bulan	70-90 denyut nadi per menit
Bayi	1-11 bulan	80-160 denyut nadi per menit
Anak-anak	1-2 tahun	80-130 denyut nadi per menit
Anak-anak	5-6 tahun	75- 115 denyut nadi per menit
Anak-anak	7-9 tahun	70-110 denyut nadi per menit
Anak-anak	10 tahun	60-100 denyut nadi per menit
Remaja, Orang Dewasa, Manula		60-100 denyut nadi per menit
Atlet terlatih		40-60 denyut nadi per menit

Sumber: Bompa (2015).

### 2.6.1 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi *Heart Rate*

Berikut merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi *Heart Rate*.

(1) Usia.

Selama masa pertumbuhan, frekuensi denyut nadi secara bertahap akan menetap untuk memenuhi kebutuhan oksigen. *Maximum Heart Rate* pada lansia menurun sebesar 50% dari usia remaja ketika seseorang mencapai usia 80 tahun. Hal ini disebabkan berkurangnya massa otot, dan daya maksimum otot yang dicapai sangat berkurang. Pada anak usia 5 tahun, denyut nadi istirahat antara 90-100 denyut per menit, pada usia 10 tahun mencapai 80-90 denyut per menit, dan pada orang dewasa mencapai 60-100 denyut per menit (Sandi, 2013).

(2) Jenis Kelamin.

Frekuensi denyut jantung pada perempuan lebih tinggi dibandingkan laki-laki. Hal ini disebabkan oleh perubahan hormon estrogen yang sering terjadi pada wanita yang menyebabkan wanita lebih cenderung memiliki tekanan darah tinggi, dimana hipertensi diketahui dapat mengganggu kontrol denyut jantung sehingga frekuensi denyut jantung pada perempuan lebih tinggi (Ryan *et al.*, 2013).

(3) Indeks Massa Tubuh (IMT).

Hubungan antara berat badan dan denyut nadi adalah berbanding lurus, sedangkan berat badan berkaitan dengan indeks massa tubuh. Berat badan yang semakin tinggi maka semakin tinggi pula IMT dan sebaliknya semakin rendah berat badan maka semakin rendah IMT. Jadi, semakin tinggi IMT maka denyut nadi istirahat seseorang akan semakin tinggi (Sandi, 2013).

(4) Aktivitas Fisik

Tidak hanya meningkatkan risiko kelebihan berat badan, kurangnya aktivitas fisik juga menyebabkan seseorang cenderung memiliki frekuensi denyut jantung yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh otot jantung yang bekerja keras pada setiap kontraksi, di mana semakin keras dan sering otot jantung memompa maka semakin tinggi tekanan yang dibebankan kepada arteri (Naesilla *et al.*, 2016).

## (5) Rokok dan Kafein

Rokok dan kafein juga mempengaruhi peningkatan denyut nadi. Orang yang merokok sebelum bekerja ditemukan peningkatan denyut nadi sebesar 10 sampai 20 denyut nadi per menit dibandingkan dengan orang yang bekerja tidak didahului dengan merokok. Hal ini disebabkan oleh vasokonstriksi dari pembuluh darah akibat rokok (Suwitno, 2015). Sebanding dengan rokok, kafein juga dapat meningkatkan denyut jantung. Jumlah kafein yang banyak akan merangsang sistem saraf simpatis sehingga jumlah adrenalin yang dilepaskan pada ujung saraf meningkat. Semakin besar jumlah adrenalin yang dilepaskan pada ujung saraf maka semakin banyak adrenalin yang berikatan dengan reseptor  $\beta_1$  pada jantung yang menyebabkan peningkatan denyut dan kekuatan kontraksi jantung. Pada sel-sel kontraktile atrium dan ventrikel memiliki banyak ujung saraf simpatis, stimulasi simpatis akan meningkatkan kekuatan kontraktile sehingga jantung berdenyut lebih kuat (Guyton & Hall, 2014).

## 2.7 Latihan fisik

### 2.7.1 Definisi

Aktivitas fisik adalah semua gerakan tubuh yang dihasilkan oleh otot-otot skelet (rangka) yang mengakibatkan pengeluaran energi. Aktivitas fisik terdiri dari aktivitas selama bekerja, tidur dan pada waktu senggang. Latihan fisik yang terencana dan terstruktur dilakukan berulang-ulang termasuk olahraga fisik merupakan bagian dari aktivitas fisik. Aktivitas fisik sedang yang dilakukan secara terus menerus dapat mencegah risiko terjadinya penyakit tidak menular seperti penyakit pembuluh darah, diabetes, kanker dan lainnya (Kristani *et al.*, 2014).

### 2.7.2 Dampak Latihan Fisik

Menurut Herawati *et al* (2014), latihan yang dilakukan oleh setiap orang dapat berdampak sebagai berikut.

- (1) Dampak latihan positif adalah prestasi orang naik setelah latihan (superkompensasi) dengan syarat yaitu (a) beban latihan berat (*overload*) diatas ambang rangsangannya, (b) metode latihan tepat dan efektif, (c)

waktu istirahat cukup untuk adaptasi, (d) gizi makan baik dan mencukupi kebutuhan dan (e) kondisi tubuh sehat dan bugar.

- (2) Dampak latihan negatif adalah jika seseorang terlalu berat dalam melakukan latihan (*overtraining*), tidak teratur dalam melakukan latihan, atau terlalu ringan melakukan latihan.
- (3) Dampak latihan stagnan adalah orang yang melewati perubahan prestasi (*plateau*) disebabkan antara lain: (a) beban latihan pada batas ambang rangsangannya, (b) kesalahan melaksanakan teknik dasar, (c) keterbatasan kemampuan pelatih dan melatih, dan (d) umur perstasi yang telah terlewati.

### 2.7.3 Dosis Latihan Fisik

Menurut Herawati *et al* (2014), dosis latihan terdiri dari frekuensi (F) latihan dalam seminggu, intensitas (I), durasi (*Time* = T) setiap latihan, jenis (*Type* = T) latihan yang dilakukan dan iramanya (*Rhythm* = R) interval atau kontinu. Untuk memudahkan dosis latihan dapat disingkat dengan FFTT-R. Untuk menentukan intensitas latihan yang sederhana dan mudah dengan cara mengukur frekuensi denyut nadi. Ukuran frekuensi denyut nadi yang dianjurkan adalah frekuensi denyut nadi awal (istirahat) ditambah 30%-80% frekuensi denyut nadi cadangan. Untuk tujuan kebugaran dosis latihan yang dianjurkan adalah sebagai berikut.

- (1) intensitas latihan harus mencapai frekuensi denyut nadi dalam zona latihan;
- (2) frekuensi 3-5 kali per minggu (150 menit/minggu);
- (3) durasi tiap latihan fisik adalah 15-45 menit, dapat dilakukan secara kontinu atau interval;
- (4) intensitas diberikan secara bertahap; dan
- (5) setiap latihan dilakukan pemanasan terlebih dahulu sebelum latihan inti dan pendinginan latihan inti.

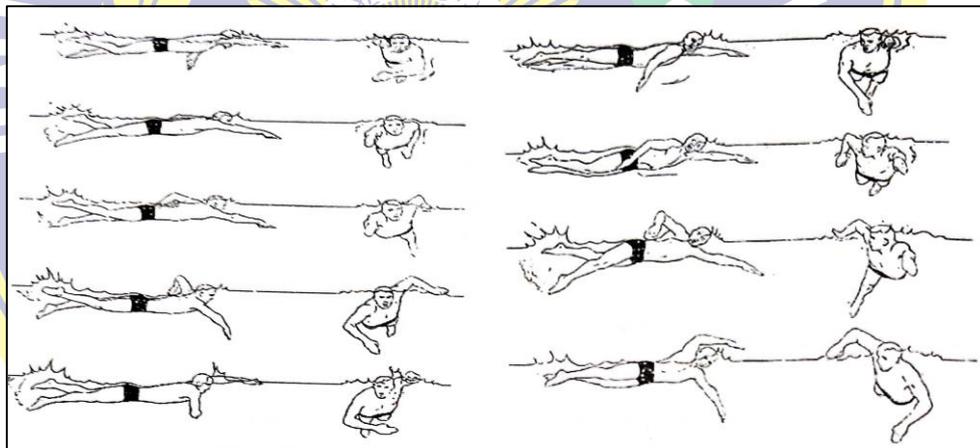
## 2.8 Renang

### 2.8.1 Definisi

Olahraga renang adalah olahraga yang dilakukan di air. Tempat olahraga tersebut tidak sama dengan kehidupan kita sehari-hari. Renang tidak menentukan suatu pola gerak tangan atau kaki yang harus dilakukan artinya dapat menggunakan tangan dan kaki sekehendak hati sehingga dapat bergerak dan berpindah dari suatu

tempat ke tempat lain. Namun, suatu kombinasi tertentu dari beberapa jenis gerakan dapat lebih efisien dari pada kombinasi yang lain sehingga para perenang mengelompokkan kombinasi gerakan tersebut ke dalam gaya renang. Gaya-gaya renang tersebut terdiri dari gaya bebas, gaya dada, gaya punggung dan gaya kupu-kupu. Dalam olahraga renang ada empat jenis gaya yang lazim diperlombakan di tingkat nasional maupun internasional yaitu gaya dada (*the breast stroke*), gaya punggung (*the back stroke*), gaya kupu-kupu (*the butterfly stroke*), gaya bebas (*the crawl stroke*). Dari keempat gaya renang tersebut, gaya renang yang paling populer adalah gaya bebas (Saputra, 2010).

Menurut Saputra (2010) teknik renang gaya bebas atau bisa disebut gaya *crawl* adalah terdiri dari unsur-unsur seperti posisi badan, gerakan kaki, gerakan lengan, pengambilan nafas dan koordinasi. Gaya kupu-kupu dan gaya bebas ini termasuk gaya yang sering digunakan dalam teknik renang. Renang merupakan jenis aktivitas olahraga aerobik yang juga dapat meningkatkan kebugaran pada tubuh.



**Gambar 2.2 Gerakan Renang Gaya Bebas (Saputra, 2010).**

### 2.8.2 Power Otot

*Power* otot adalah salah satu komponen fisik disamping kekuatan, daya tahan, kecepatan, keseimbangan, koordinasi, kelincahan, ketepatan dan kecepatan reaksi. Kerja dengan waktu yang pendek atau mengarahkan kekuatan dengan kecepatan disebut *power* (Hidayat, 2014). Bumpa (2015) mengemukakan bahwa *power* otot

merupakan kombinasi antara kecepatan dan kekuatan atau kemampuan menggunakan kekuatan pada aktivitas yang berkecepatan tinggi.

*Power*, dalam kaitannya dengan olahraga renang gaya bebas, sangat dibutuhkan terutama *power* otot lengan untuk melakukan kayuhan lengan yang cepat dan kuat membawa tubuh meluncur ke depan untuk dengan cepat menyelesaikan renangan dalam jarak tertentu. Terdapat dua komponen fisik dalam *power* otot lengan tersebut yaitu otot lengan yang kuat dan cepat. *Power* diperlukan semua cabang olahraga karena didalam *power* penting untuk cabang-cabang olahraga dimana seorang harus mengarahkan tenaga yang eksplosif dan yang ada unsur akselerasi (percepatan) seperti olahraga renang. Bahwa *power* otot lengan adalah rangkaian antara kekuatan dan kecepatan maksimal dari otot lengan untuk melakukan suatu gerakan cepat yang disebut gerakan yang eksplosif.

Peranan *power* otot lengan terhadap kecepatan renang 50 meter gaya bebas tidak jauh berbeda dengan fungsi mesin pada kapal laut. *Power* otot lengan dengan sumber energi *phosphagen* (ATP-PC) berperan utama dalam menentukan tinggi rendahnya frekuensi kayuhan lengan. Untuk memperbesar kecepatan renangan, lebih baik memperbesar frekuensi kayuhan dari pada memperbesar panjang kayuhan. Pada olahraga aquatik, gaya *propulsive* (gaya yang menghasilkan gerak laju ke depan) lebih dominan diperoleh dari gerakan kayuhan lengan dari pada tungkai, oleh karena itu proporsi tubuh dengan *brachial-index* (berkenaan dengan lengan) yang besar lebih dianjurkan (Hidayat, 2014). Peranan *power* otot lengan adalah memperbesar frekuensi kayuhan lengan untuk membawa tubuh melaju kedepan dengan cepat.

## **2.9 High Intensity Interval Training**

### **2.9.1 Definisi**

*High Intensity Interval Training* (pelatihan interval intensitas tinggi) telah menjadi bentuk latihan yang semakin populer karena efeknya yang berpotensi besar pada kapasitas latihan dan kebutuhan waktu yang kecil (Foster *et al.*, 2015). Saat ini, latihan ini begitu populer dengan berbagai bentuk modifikasi pada beberapa bentuk latihan. Latihan ini sangat cocok bagi seseorang yang memiliki waktu yang cukup sedikit untuk melakukan aktivitas olahraga.

Latihan Interval Intensitas Tinggi adalah metode pelatihan yang terkenal dan efisien waktu untuk meningkatkan fungsi metabolisme dan pernapasan dan pada gilirannya kinerja fisik atlet (Buchheit & Laursen, 2013). Latihan Interval Intensitas Tinggi memiliki ciri khas interval yang digunakan adalah 90% dari kemampuan maksimal.

Dalam program latihan, penentuan dosis latihan didapat dari penghitungan denyut nadi maksimal yaitu 220 dikurangi umur. Sehingga, nanti dosis latihan 90% didapat dari perkalian 220 dikurangi umur dan dikalikan 90%. Denyut nadi inilah yang nantinya akan menjadi kontrol latihan atlet pada program Latihan Interval Intensitas Tinggi.

Latihan Interval Intensitas Tinggi memiliki ciri bahwa model latihan dilakukan beberapa sesi dalam sekali latihan. Seperti yang dilakukan dalam penelitian ini, subjek melakukan latihan 5 kali dalam seminggu selama 5 minggu, setiap sesi terdiri dari 6 sampai 8 set, 1 set dilakukan selama 4 menit, dalam 4 menit terdiri dari 20 detik melakukan latihan dengan intensitas maksimal dan 10 detik istirahat (Tabata *et al.*, 1996).

### **2.9.2 Metode Latihan Interval Intensitas Tinggi dalam Renang**

Penelitian ini menggunakan metode latihan interval intensitas tinggi dalam program latihan renang sehingga nantinya prosentase dalam intensitas latihan interval intensitas tinggi akan dikonversikan dengan waktu terbaik perenang. Menurut Sperlich *et al* (2010) bahwa intensitas latihan interval intensitas tinggi adalah 92% dari waktu terbaik seorang perenang.

Program latihan renang dalam penelitian ini menggunakan jarak 25 meter, 50 meter, 100 meter dan 200 meter berenang gaya bebas. Nanti, waktu terbaik dari perenang pada setiap nomor akan dikalikan dengan 90%. Waktu 90% akan menjadi kontrol terbaik dalam program latihan renang dengan menggunakan metode latihan interval intensitas tinggi.

Program latihan renang juga menggunakan jeda istirahat pada setiap sesi, latihan dengan intensitas tinggi sehingga perbandingan waktu latihan dan istirahat adalah 1:2 atau 1:3 (Bompa, 2015). Yang dimaksud 1:2 dan 1:3 adalah apabila waktu tempuh renang 25 meter gaya bebas adalah 25 detik maka perenang akan mendapatkan istirahat 75 detik.

Latihan interval intensitas tinggi, dimana volume latihan mungkin rendah dengan latihan yang dilakukan pada intensitas tinggi diselingi dengan interval pemulihan (Schaun *et al.*, 2017). Volume maksimal untuk program latihan renang untuk perenang umur 11 hingga 14 tahun adalah 4.800 meter per sesi latihan dan dilakukan selama 2 jam.

## **2.10 *Continous Training (CT)***

### **2.10.1 Definisi**

*Continous training (CT)* atau latihan kontinu merupakan latihan aerobik dimana perbandingan volume dan intensitas hampir berimbang (Bompa, 2015). Metode latihan ini dikembangkan untuk meningkatkan kapasitas aerobik yang biasanya dilakukan pada awal perodesasi latihan atau dalam persiapan umum. Berbanding terbalik dengan latihan interval intensitas tinggi, program latihan CT mengandalkan volume latihan yang tinggi dengan intensitas yang sedang (Schaun *et al.*, 2017). Intensitas yang digunakan 60%-90% dari detak jantung maksimal (Bompa, 2015).

### **2.10.2 Metode Latihan CT dalam Renang**

Sama halnya dengan metode latihan interval intensitas tinggi untuk merubah metode ini dalam program renang maka akan dikonversi intensitas yang digunakan yaitu 60%-90% dari waktu tempuh maksimal setiap perenang. Pengontrolan latihan pada metode ini juga menggunakan denyut nadi maksimal pada 60%-90% (Bompa, 2015).

## **2.11 Hubungan Latihan Interval Intensitas Tinggi dan Latihan Terus-Menerus (Kontinu) dengan *Heart Rate* dan *VO<sub>2</sub>Max***

Latihan interval intensitas tinggi, dalam berbagai bentuk, saat ini merupakan salah satu cara paling efektif untuk meningkatkan fungsi kardiorespirasi dan metabolisme, dan pada gilirannya kinerja fisik atlet (Buchheit & Laursen, 2013). Menurut Mohr *et al* (2014), renang intermiten intensitas tinggi adalah strategi pelatihan yang efektif untuk meningkatkan kesehatan kardiovaskular dan kinerja fisik pada wanita dengan hipertensi ringan. Peningkatan aktivitas fisik mengakibatkan konsumsi glukosa darah di dalam tubuh meningkat. Peningkatan

ini membuat jantung sebagai transporter harus memompa atau meningkatkan kinerja jantung menjadi lebih meningkat. Hal inilah mengakibatkan perubahan dari anatomi jantung dan juga kinerja jantung.

Ciolac *et al* (2011) menyatakan bahwa latihan interval intensitas tinggi ternyata lebih efektif dari pada kontinu dalam meningkatkan kardiorespiratori. Latihan interval intensitas tinggi juga lebih efektif apabila ditingkatkan secara bertahap. Mekanisme dari hubungan latihan interval intensitas tinggi dan tekanan darah belum sepenuhnya dialami. Namun, Colac (2011), yang meneliti mengenai perbandingan latihan interval intensitas tinggi dan kontrol yaitu kontinu, mengatakan bahwa dengan latihan interval intensitas tinggi, tubuh mampu mengurangi kadar norepinefrin pada saat istirahat, latihan fisik dan pemulihan, sedangkan kontinu hanya mampu mengurangi pada saat istirahat dan latihan fisik saja. Pengurangan kadar norepinefrin ini lebih tinggi pada latihan interval intensitas tinggi.

Nilai  $VO_2Max$  tertinggi dicapai pada olahraga yang memerlukan penggunaan energi yang relatif sangat besar dalam jangka waktu yang lama. Penelitian lain telah mengamati hubungan erat antara  $VO_2Max$  dan prestasi olahraga nomor *endurance* seperti lari jarak jauh, renang dan bersepeda adalah ukuran sejauh mana tubuh dapat mengantarkan oksigen ke dalam tubuh untuk menghasilkan ATP melalui proses respirasi seluler (Costill, 1967 dalam Pate *et al.*, 2017).

Metode latihan interval intensitas tinggi mampu meningkatkan  $VO_2Max$  sehingga dapat meningkatkan kebugaran kerdiorespirasi. Latihan interval intensitas tinggi ini dapat menyebabkan penebalan *miokard* ventrikel kiri jantung yang fisiologis sehingga kekuatan dan kemampuan jantung untuk memompa darah tiap kontraksi meningkat, menurunkan jumlah denyut nadi per menitnya (Kravitz, 2014). Penurunan aktivitas saraf simpatis yang disebabkan latihan interval intensitas tinggi akan menurunkan aktivitas jantung, produksi norepinefrin dan *endothelin-1* serta meningkatkan produksi NO sehingga meningkatkan dilatasi pembuluh darah berkurang.

Lesmana (2012) menyebutkan bahwa kekuatan otot dapat ditingkatkan dengan melakukan suatu latihan. Latihan dapat dilakukan dengan menggunakan latihan beban secara sistematis, dimana dengan latihan ini dapat terjadi penambahan

jumlah sarkomer dan serabut otot (filamen aktin dan miosin yang diperlukan dalam kontraksi otot), sehingga dengan terbentuknya serabut-serabut otot yang baru maka kekuatan otot dapat meningkat. Olahraga akan mempengaruhi tubuh dalam mengeluarkan keringat. Pada saat latihan produk air karena metabolisme akan meningkat, meskipun demikian tetap akan kurang jika dipergunakan untuk mempertahankan suhu tubuh agar tidak terlalu tinggi. Air akan banyak keluar sebagai keringat, yang salah satunya berfungsi untuk membuang panas secara evaporasi/penguapan. Banyaknya keringat yang keluar dapat menyebabkan terjadinya dehidrasi atau kekurangan cairan di dalam tubuh. Jika yang berkurang plasma darah akan sangat dirasakan oleh tubuh, darah akan menjadi pekat, sirkulasi darah menjadi berat. Berkurangnya plasma darah sebenarnya justru mengurangi kemungkinan naiknya tekanan darah, yang disebabkan meningkatnya hormon adrenalin yang memacu kekuatan kontraksi otot jantung.

Efek latihan fisik yang sedang (dengan frekuensi denyut jantung 40%-70%) memiliki perbedaan dengan latihan interval intensitas tinggi (frekuensi denyut jantung diatas 70%) terhadap hemostasis dan fungsi platelet. Latihan fisik sedang mampu meningkatkan fungsi fibrinolysis tanpa meningkatkan faktor-faktor koagulasi sedangkan latihan interval intensitas tinggi mampu meningkatkan koagulasi darah lewat agregasi platelet, penempelan platelet karena terinduksinya agnosis koagulasi. Efek ini sangat terlihat pada subjek yang sedentary (Choudhury & Lip, 2011).