

BAB II

KERANGKA TEORI, KERANGKA BERFIKIR DAN PENGAJUAN HIPOTESIS

A. Kerangka Teoritis

1. Hakikat Kapasitas Vital Paru-Paru

Paru-paru merupakan sebuah alat tubuh yang sebagian besar terdiri dari gelembung alveoli. Didalam paru-paru terjadi pertukaran zat antara oksigen yang ditarik dari udara masuk kedalam darah dan karbondioksida dikeluarkan dari darah secara osmosis. Paru-paru mempunyai kesanggupan untuk menampung udara didalamnya yang disebut kapasitas paru-paru.¹ Kemudian Syaifuddin juga mengartikan kapasitas vital dalam bukunya sebagai berikut, “Kapasitas vital yaitu jumlah udara yang dapat dikeluarkan setelah inspirasi maksimal”.²

Hal serupa juga dikemukakan oleh Arie Sutopo dan Alma Permana dalam buku *Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar* bahwa “KV (Kapasitas Vital) adalah volume maksimal yang dihembuskan setelah inspirasi maksimal”.³

¹ Syaifuddin, *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan* (Jakarta: EGC, 2003), h. 197.

² *Ibid.*, h. 198.

³ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari W, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar* (Jakarta: UNJ, 2001), h. 9.

Dengan demikian, kapasitas vital (vital capacity) merupakan volume udara maksimal yang dapat ditampung paru-paru, setelah melakukan inspirasi dan ekspirasi secara maksimal. Kapasitas vital paru-paru juga dipengaruhi oleh tiga hal yaitu volume cadangan inspirasi, volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Olahraga dan latihan-latihan dapat mempengaruhi kapasitas paru-paru seseorang.

Pembuangan karbondioksida yang meningkat tersebut dilaksanakan oleh sistem pernapasan. Sehingga pada olahraga yang intensif, frekuensi maupun mendalamnya pernapasan akan bertambah guna menghasilkan ventilasi paru yang meningkat. Adapun kegunaan hasil kenaikan ventilasi paru ini akan menambah pengiriman O₂ dan mempercepat pembuangan CO₂. Olahragawan terlatih mempunyai kecenderungan bahwa mendalamnya pernapasan nyata sekali bertambah, sedangkan frekuensi pernapasan tidak begitu nyata.⁴

Pada dasarnya manusia tidak dapat hidup tanpa oksigen yang cukup, karena setiap manusia memerlukan oksigen untuk bernapas. Pernapasan atau respirasi adalah seluruh deret peristiwa yang dimulai dengan pengisapan udara luar dan berakhir dengan oksigen di sel, termasuk pengeluaran karbon dioksida (CO₂) ke udara luar.⁵

⁴ Oktia Woro, *Praktikum Kesehatan* (Semarang: Fakultas Ilmu Keolahragaan, 1999), h. 22.

⁵ Muchtamadji M.A dan Dirgantara Gymnasticaji M.A, *Ilmu Faal Dasar 1* (Bandung: Fakultas Pendidikan Olahraga dan Kesehatan Universitas Pendidikan Indonesia, 2004), h. 65.

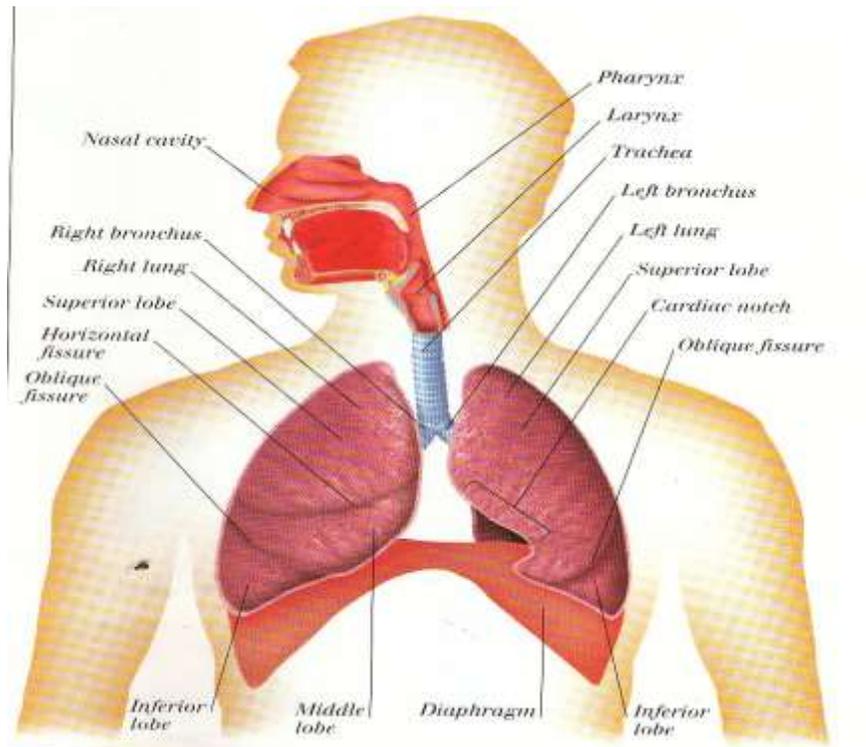
Kapasitas vital paru-paru tidak terpisahkan dari proses respirasi. Di dalam “Buku Praktikum Faal Dasar” Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari mengemukakan respirasi dibagi menjadi 2, yaitu:

Pernapasan atau respirasi adalah proses pertukaran oksigen (O_2) dan karbondioksida (CO_2) antara sel dengan lingkungannya. Respirasi eksternal adalah proses pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi di alveoli paru-paru sedangkan respirasi internal merupakan proses pertukaran oksigen dan karbondioksida yang terjadi di dalam sel-sel tubuh lainnya.⁶

Dalam bukunya Lauralee Sherwood menjelaskan udara dalam saluran pernapasan dihirup melalui: hidung atau mulut, faring, laring, trakea menuju bronkus kemudian berkumpul di alveoli.⁷ Didalam tubuh kita ada 2 paru-paru yang terletak di sebelah kanan dan kiri. Pada paru-paru terdapat lobus atau belahan paru-paru yang setiap paru mempunyai jumlah lobus paru-paru yang berbeda. Pada paru sebelah kanan terdapat 3 lobus (Lobe superior, Lobe middle dan Lobe inferior) sedangkan paru kiri terdapat 2 lobus (Lobe superior dan Lobe Inferior) yang akhirnya akan berakhir menjadi kantong-kantong kecil alveolus, serta otot-otot yang membantu paru-paru mengembang dan mengempis, salah satunya adalah diaphragma, sebagaimana pada gambar 1 yang ada pada buku Stephen Stuart.

⁶ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari, *op. cit.*, h. 9.

⁷ Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2* (Penerbit Buku Kedokteran EGC, 1996), hh. 412-413.



Gambar 1. Sistem Pernapasan

Sumber: Stephen Stuart, *The Visual Dictionary of Human Anatomy*, Great Britain: Covent Garden Books, 1999, h. 20.

Dari gambar tersebut dapat dijelaskan proses sebelum udara atau oksigen dapat masuk ke paru-paru hingga disalurkan ke seluruh tubuh oleh darah, udara atau oksigen yang masuk kedalam paru-paru harus melewati rongga hidung yang berfungsi membuat suhu udara yang masuk memiliki suhu yang sama dengan paru-paru. Hal itu disebabkan udara melewati bulu halus yang berfungsi sebagai filter. Kemudian udara yang masuk melewati faring yang merupakan persimpangan antara mulut dan ruang hidung, selanjutnya menuju ke laring yang merupakan pangkal tenggorokan dan

saluran masuk trakea. Udara yang masuk ke dalam laring harus melewati semacam katup yang disebut epiglotis. Epiglotis berguna untuk menutup laring jika sedang menelan makan dan minuman dan pada dinding laring dilapisi oleh membran mukosa yang terdiri dari epitel berlapis pipih yang cukup tebal sehingga kuat untuk menahan getaran-getaran suara pada laring. Kemudian udara masuk ke trakea yang merupakan batang tenggorokan.

Dinding trakea tipis dan kaku dikelilingi oleh cincin tulang rawan dan pada bagian rongga bersilia. Silia-silia berfungsi menyaring/mendorong debu dari saluran pernapasan. Setelah itu udara masuk ke dalam bronkus dan terus masuk berturut-turut ke dalam cabang bronkus yang disebut bronkiolus respiratorius dan bercabang lagi disebut duktulus alveolaris dan menjadi sacculus alveolaris. Terakhir adalah alveolus yang merupakan gelembung-gelembung seperti balon dan berdinding sangat tipis serta bagian luarnya dikelilingi oleh kapiler darah, disinilah sebenarnya terjadi proses pertukaran gas.⁸

Jadi, oksigen yang masuk ke dalam tubuh melalui proses pengolahan pada organ-organ yang disebut organ respirasi. Organ-organ itu adalah hidung, faring, laring, trakea, bronkus dan paru, pertukaran oksigen dalam

⁸ Tjaliek Soegardo, *Ilmu Faal* (Jakarta: PGSD Penjas Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan, 1992), hh. 23-25.

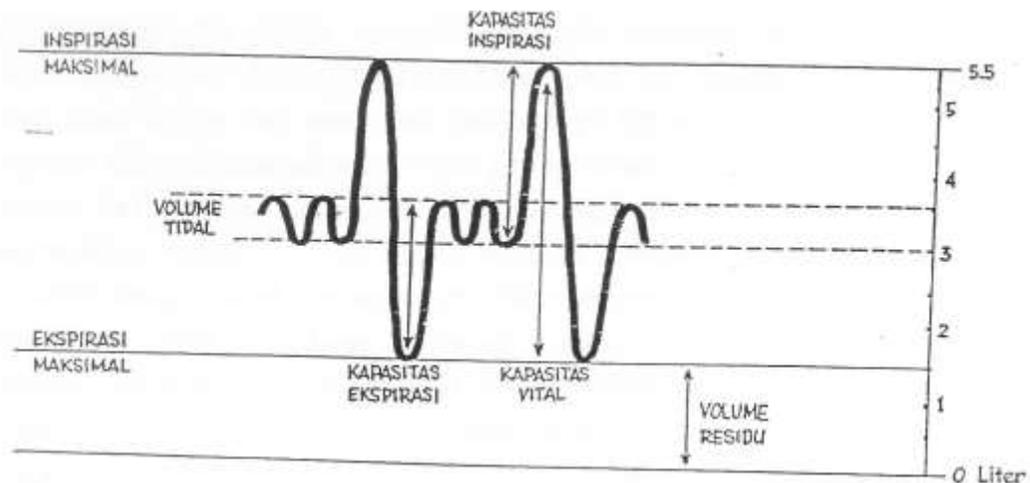
paru-paru dikenal sebagai respirasi. Didalam paru-paru terdapat suatu lapis membran alveoli kapiler yang memisahkan oksigen dari darah. Oksigen menembus membran ini dan diambil oleh hemoglobin sel darah merah dan dibawa ke jantung.

Pernapasan merupakan faktor utama manusia dalam menjalankan segala aktivitas salah satunya adalah aktivitas jasmani. Salah satu aktivitasnya adalah olahraga sepak bola yang membutuhkan banyak oksigen (O_2). Dapat diketahui kapasitas vital seseorang bergantung pada: posisi seseorang ketika kapasitas paru diukur, kekuatan otot pernapasan dan daya regang paru-paru dan rangka dada yang disebut *compliance*. Pada orang muda nilainya kira-kira 4,6 liter untuk laki-laki dan 3,1 liter untuk wanita. Kapasitas vital seseorang juga dapat ditingkatkan melalui latihan atau aktivitas olahraga. Dalam keadaan latihan KV dapat bertambah sebesar 3-4% diatas normal yaitu mencapai 6-7 liter. Sehingga kemampuan respirasi seseorang dapat dilihat melalui kapasitas vital paru-paru (KV).

Pada keadaan istirahat, manusia normal bernapas 12-15 kali/menit. Satu kali bernapas sekitar 500 ml udara, maka udara masuk dan keluar tiap menit bernapas sekitar 6-8 liter/menit.⁹ Untuk dapat memudahkan lukisan peristiwa ventilasi paru-paru dimana volume pernapasan didalam paru-paru

⁹ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari W, *loc. cit.*

dapat dibagi menjadi bagian-bagian berbeda seperti yang terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Volume Pernapasan

Sumber: Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar*, Jakarta: UNJ, 2001, h. 10.

Kapasitas vital paru-paru dapat diukur menggunakan alat respirometer atau spirometer dalam satuan liter. Respirometer atau spirometer adalah alat untuk mengukur volume pernapasan yang dihirup dan dihembuskan secara maksimal.¹⁰

Volume pernapasan yang diukur menggunakan spirometer untuk mendapatkan hasil dari kapasitas vital seseorang, tentu harus didapatkan/melakukan pernapasan atau tarikan dan hembusan biasa (volume tidal) ditambah hembusan napas yang maksimal (volume cadangan ekspirasi) setelah inspirasi biasa (volume tidal) kira-kira 1300 ml kemudian

¹⁰ Lauralee Sherwood, *op. cit.*, h. 431.

ditambah tarikan napas maksimal (volume cadangan inspirasi) setelah inspirasi biasa/tidal sehingga didapatkan kapasitas vital seseorang. Setelah melakukan ekspirasi maksimal masih terdapat sisa oksigen didalam paru-paru kira-kira 160 ml yang disebut volume residu.

Menurut Arthur Guyton dan Hall, ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru-paru. Setelah terlebih dahulu mengisi paru-paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya (kira-kira 4600 ml).¹¹

Bernapas berarti terjadinya proses inspirasi dan ekspirasi secara bergantian, teratur, berirama dan terus menerus. Proses inspirasi dan ekspirasi dapat terjadi karena adanya otot-otot yang membantu mengembang dan mengempisnya paru-paru. Pada saat inspirasi terjadi, musculus diafragma akan membantu paru-paru untuk mengembang dan musculus interkostalis yang tadi letaknya miring akan datar. Begitupun sebaliknya, ketika proses ekspirasi terjadi maka musculus diafragma akan mengendur dan musculus interkostalis akan miring lagi letaknya.¹²

Pernapasan dapat diatur oleh diri sendiri ketika sedang melakukan aktivitas jasmani seperti bermain sepak bola sehingga para pemain dapat melakukan menahan, memperlambat atau mempercepat pernapasannya. Itu

¹¹ Arthur Guyton and Hall, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ed. 11*, terjemahan Irawati (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2006), h. 500.

¹² Syaifuddin, *op. cit.*, h. 198.

dikarenakan sistem pernapasan diatur oleh korteks serebri, tetapi ketika para pemain sedang berkonsentrasi saat bertanding atau berlatih maka mereka tidak ada waktu untuk melakukan hal tersebut sehingga proses pernapasan akan terjadi secara otomatis didalam tubuh kita, karena terangsangnya pusat pernapasan ketika darah mengalami berlebihnya CO₂ dan berkurangnya O₂ didalam darah. Oksigen yang diambil dari udara melalui sistem pernapasan akan ditampung di dalam paru-paru, kemudian O₂ dibawa oleh darah menuju jantung untuk disebarakan ke seluruh jaringan yang membutuhkan oksigen.

2. Hakikat Kadar Hemoglobin

Hemoglobin ialah protein yang kaya akan zat besi. Hemoglobin memiliki afinitas (daya gabung) terhadap oksigen. Dengan fungsi ini maka oksigen dibawa dari paru-paru ke jaringan-jaringan.¹³

Sebagai suatu senyawa yang berperan dalam pengikatan dan pelepasan oksigen, hemoglobin bukanlah senyawa yang hanya berupa protein saja. Hemoglobin merupakan suatu protein yang kompleks, yang tersusun dari protein (globin) dan suatu senyawa bukan protein yang dinamai heme. Heme sendiri juga suatu senyawa yang rumit, yang tersusun dari

¹³ Pearce Evelyn, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis* (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2006), h. 134.

suatu senyawa lingkaran yang bernama porfirin, yang bagian pusatnya ditempati oleh logam besi (Fe).¹⁴

Besi yang berada di dalam molekul hemoglobin sangat penting untuk menjalankan fungsi pengikatan dan pelepasan oksigen. Sebenarnya, hanya dengan molekul besi yang ada di dalam hemoglobin itulah oksigen diikat dan dibawa. Jelaslah, bila terjadi kekurangan besi, jumlah hemoglobin juga akan berkurang, sehingga jumlah oksigen yang dibawa berkurang pula. Hal ini tampak jelas, misalnya dalam keadaan kekurangan (defisiensi) besi, yang menimbulkan keadaan kekurangan darah atau anemia, yang lebih tepat disebutkan sebagai kekurangan hemoglobin. Adanya besi di dalam hemoglobin secara kimia dapat dituliskan sebagai $Hb(Fe)_4$. Oleh karena sudah umum diketahui bahwa 1 molekul Hb mengandung 4 atom besi, maka untuk melukiskan adanya besi tersebut biasanya secara kimia hemoglobin dituliskan sebagai $Hb(Fe)$ saja.¹⁵

Zat besi terdapat dalam daging, telur, keju, roti dan sayuran hijau. Ini diperlukan untuk membentuk hemoglobin dan dalam ikatan dengan oksigen di distribusikan ke dalam tubuh.¹⁶

¹⁴ Mohamad Sadikin, *Biokimia Darah* (Jakarta: Widya Medika, 2001), hh. 16-17.

¹⁵ *Ibid.*, h. 17.

¹⁶ Pearce Evelyn, *op. cit.*, h. 171.

Protein (globin), meskipun tidak berikatan langsung dengan molekul oksigen, adalah bagian yang sangat penting dari hemoglobin dan ikut menentukan daya ikat atom besi yang terkandung dalam molekul tersebut. Ikatan dan interaksi protein (globin) dengan heme menentukan afinitas (kuat tidaknya ikatan) antara atom besi (heme) dengan oksigen. Interaksi tersebut juga mempengaruhi mudah atau sukarnya atom besi (heme) dicapai oleh molekul air.¹⁷

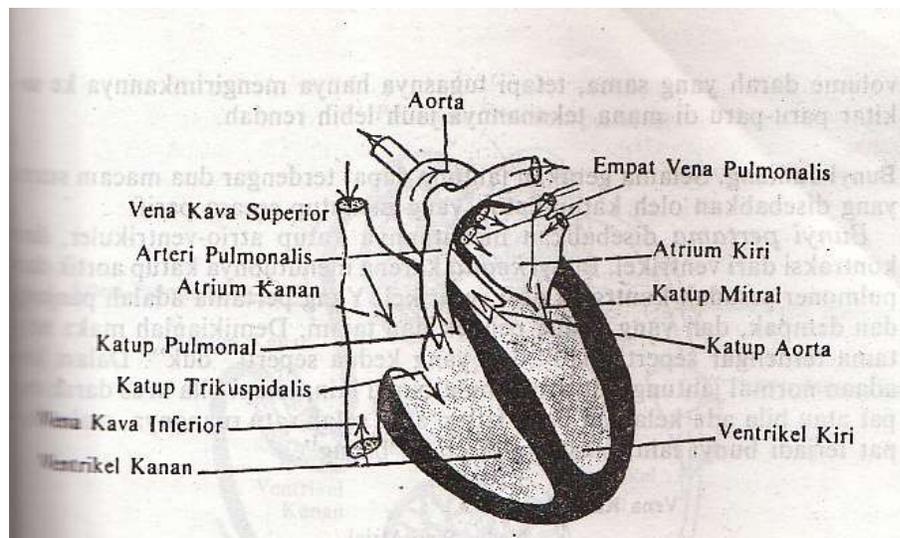
Dalam melakukan aktivitas manusia memerlukan oksigen. Oksigen yang dihirup oleh manusia kemudian disebarkan ke berjuta-juta sel di seluruh tubuh untuk digunakan sebagai sumber energi. Untuk menyebarkan oksigen dan zat-zat yang diperlukan oleh sel-sel tubuh, di dalam tubuh kita terjadi suatu proses yang dinamakan sistem sirkulasi. Menurut Soedjono dalam bukunya *Anatomi dan Fisiologi Manusia*, Sistem sirkulasi merupakan sistem yang berfungsi untuk mengangkut berbagai substansi menuju dan dari sel-sel tubuh.¹⁸

Didalam proses peredaran darah atau sirkulasi darah terdapat organ yang sangat penting dan mempunyai tugas yang sangat vital dalam tubuh kita yaitu jantung. Jantung sebagai tempat kembalinya darah yang membawa baik zat oksigen dan karbondioksida maupun zat-zat lainnya serta

¹⁷ Mohamad Sadikin, *op. cit.*, h. 19

¹⁸ Basoeki Soedjono, *Anatomi dan Fisiologi Manusia* (Jakarta: Depdikbud, 1988), h. 237.

menyalurkan ke seluruh tubuh maupun ke paru-paru agar zat-zat yang berguna bagi tubuh dapat diambil dan digunakan oleh jaringan dan membuang zat-zat yang tidak dibutuhkan oleh tubuh. Proses darah membawa zat-zat yang berguna bagi tubuh untuk dapat masuk dan keluarnya dari jantung dapat dijelaskan pada gambar 3 buku Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis ini.



Gambar 3. Jantung Manusia

Sumber: Evelyn Pearce, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*, Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 2006, h. 125.

Jantung merupakan salah satu organ tubuh manusia yang berfungsi, yaitu mengalirkan darah ke seluruh jaringan tubuh manusia melalui sistem peredaran darah yang menggunakan pembuluh darah arteri maupun vena hingga kapiler sebagai perantara atau jalurnya dan selalu berkontraksi, berirama dan berulang secara terus-menerus. Sehingga tidak ada organ

yang mampu menggantikan jantung sebagaimana fungsi kerjanya begitupun sebaliknya.

Proses keluar-masuknya darah melalui jantung, yaitu masuknya darah ke atrium dextra (kanan) dari seluruh tubuh melalui vena kava superior dan inferior, melalui katup trikuspidalis darah masuk ke ventrikel dextra (kanan) lalu menuju paru-paru melalui arteri pulmonalis, kemudian kembali ke atrium sinistra (kiri) melalui vena pulmonalis, melalui katup mitra darah masuk ke ventrikel sinistra dan kembali dipompa ke seluruh tubuh melalui aorta. Peristiwa ini akan terus menerus terjadi tanpa dapat kita kendalikan.

Berikut adalah bagian-bagian dari pembuluh darah beserta fungsinya yang merupakan bagian dari sistem sirkulasi yang dikemukakan oleh Syaifuddin dalam bukunya, yaitu:

- a. Arteri, mentranspor darah dibawah tekanan tinggi ke jaringan, untuk ini arteri mempunyai dinding yang tebal dan kuat karena darah mengalir dengan cepat pada arteri
- b. Arteriola, cabang kecil dari arteri. Sistem arteri berfungsi sebagai kendali darah yang dikeluarkan ke dalam kapiler. Arteriola mempunyai dinding otot yang kuat, mampu menutup arteriola dan melakukan dilatasi beberapa kali lipat, mengubah aliran darah ke kapiler sebagai respon terhadap kebutuhan jaringan
- c. Kapiler, untuk pertukaran cairan, zat makanan elektrolit, hormon dan bahan lainnya antara darah dan cairan interstisial. Dinding kapiler bersifat sangat tipis dan permeable terhadap molekul kecil
- d. Venula, mengumpulkan darah dari kapiler secara bertahap, bergabung menjadi vena yang semakin besar

- e. Vena, saluran penampung dan pengangkut darah dari jaringan kembali ke jantung, karena tekanan pada sistem vena sangat rendah. Dinding vena sangat tipis akan tetapi dinding vena mempunyai otot untuk berkontraksi sehingga berfungsi sebagai penampung darah ekstra yang dapat dikendalikan berdasarkan kebutuhan tubuh.¹⁹

Salah satu komponen dalam sistem sirkulasi adalah darah. Syaifuddin menjelaskan bahwa, fungsi darah terdiri atas:

- a. Sebagai alat pengangkut, yaitu:
 - 1) Mengambil oksigen atau zat pembakaran dari paru-paru untuk diedarkan ke seluruh jaringan tubuh
 - 2) Mengangkat karbon dioksida dari jaringan untuk dikeluarkan melalui paru-paru
 - 3) Mengambil zat-zat makanan dari usus halus untuk diedarkan dan dibagikan ke seluruh jaringan atau alat tubuh
 - 4) Mengangkat atau mengeluarkan zat-zat yang tidak berguna bagi tubuh untuk dikeluarkan melalui kulit dan ginjal
- b. Sebagai pertahanan tubuh terhadap serangan penyakit dan racun dalam tubuh dengan perantaraan leukosit dan antibodi atau zat-zat anti racun.
- c. Menyebarkan panas ke seluruh tubuh.²⁰

Menurut Soedjono, ada tiga jenis utama sel darah yaitu sel darah merah (eritrosit), sel darah putih (leukosit) dan keeping darah (Trombosit).²¹ Kemudian Soedjono juga menjelaskan bahwa salah satu jenis darah tersebut atau eritrosit berfungsi mengangkut gas-gas pernapasan, oksigen dan

¹⁹ Syaifuddin, *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan* (Jakarta: EGC, 2003), h. 135.

²⁰ *Ibid.*, h. 143.

²¹ Basoeki Soedjono, *op. cit.*, h. 238.

karbondioksida.²² Untuk dapat mengangkut gas-gas pernapasan tersebut didalam eritrosit terdapat hemoglobin (Hb).

Seperti yang telah disebutkan, ikatan antara oksigen dengan hemoglobin adalah ikatan kimia khusus. Tujuan pengikatan oksigen ialah agar oksigen tersebut dapat dibawa dalam jumlah besar.²³ Soedjono juga menjelaskan bahwa, sejumlah oksigen dan karbondioksida terlarut dalam plasma, tetapi sebagian besar oksigen dan karbondioksida bergabung dengan hemoglobin dalam eritrosit.²⁴ Faktor yang terpenting yang mempengaruhi daya ikat atau afinitas hemoglobin terhadap oksigen ialah yang terdapat di dalam molekul itu sendiri, faktor metabolisme dalam sel darah merah dan pH.²⁵ Senyawa terpenting yang mampu melepaskan oksigen dari ikatannya dengan hemoglobin ialah 2,3 bisfosfoglisarat (2,3 BPG).²⁶ Peristiwa ini ternyata sangat penting dalam membantu melepaskan oksigen dari HbO₂ dalam rangka memenuhi keperluan jaringan akan oksigen.

Jumlah hemoglobin dalam darah normal ialah kira-kira 15 gram setiap 100 ml darah dan jumlah ini biasanya disebut "100 persen".²⁷ Nilai atau

²² *Ibid.*, h. 238.

²³ Mohamad Sadikin, *Biokimia Darah*, h. 20.

²⁴ Basoeki Soedjono, *Anatomi dan Fisiologi Manusia*, h. 275.

²⁵ Mohamad Sadikin, *op. cit.*, h. 20.

²⁶ *Ibid.*, h. 21.

²⁷ Pearce Evelyn, *Anatomi dan Fisiologi untuk Paramedis*, h. 134.

jumlah yang umumnya disepakati, terutama di negara-negara barat, sebagai nilai normal sehat ialah 12-16 g/dL bagi perempuan dewasa dan 14-18 g/dL bagi laki-laki dewasa.²⁸ Sedangkan menurut Ganong, kandungan hemoglobin normal rata-rata dalam darah adalah 16g/dL pada pria dan 14 g/dL pada wanita dan semuanya berada dalam sel darah merah.²⁹

Hemoglobin mempunyai peran yang sangat penting karena fungsinya yang secara langsung dapat dirasakan pada proses kehidupan. Saat melakukan aktivitas kerja atau olahraga seperti sepak bola yang merupakan olahraga yang mengandalkan komponen fisik, yaitu daya tahan dimana tubuh harus mampu melawan rasa lelah yang dialami oleh seorang atlet ketika sedang melakukan aktivitas olahraga. Rasa lelah yang dirasakan harus dapat dihindari, dengan adanya hemoglobin sebagai pengikat dan membawa oksigen ke seluruh jaringan yang dibutuhkan tubuh untuk membentuk energi yang membuat atlet dapat melakukan aktivitas kerja secara terus menerus. Jadi, Hemoglobin harus mampu mengikat oksigen sebanyak-sebanyaknya untuk dibawa dan disalurkan ke seluruh jaringan sehingga seorang atlet tidak akan merasakan kelelahan yang berarti ketika melakukan aktivitas olahraga sepak bola.

²⁸ Mohamad Sadikin, *op. cit.*, h. 23.

²⁹ Ganong F. William, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ed. 22*, terjemahan Andita Novrianti et. al. (Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC, 2008), h. 555.

3. Hakikat Kapasitas Aerobik Maksimal

VO₂Max merupakan volume oksigen tubuh yang dapat digunakan saat bekerja sekeras mungkin. Sedangkan menurut pendapat Russel R. Pate, tenaga aerobik maksimal atau seringkali disebut penggunaan oksigen maksimal (VO₂Max) adalah tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen selama berolahraga.³⁰

Sistem sirkulasi adalah sistem transpor yang mengantarkan O₂ dan berbagai zat-zat yang diabsorpsi dari trakus gastrointestinal menuju ke jaringan serta mengembalikan CO₂ ke paru-paru dan hasil metabolisme lain menuju ke ginjal. Sistem sirkulasi ini juga berperan dalam pengaturan suhu tubuh dan mendistribusikan hormon serta berbagai zat lain yang mengatur fungsi sel.³¹

Pada setiap makhluk hidup pasti ada suatu proses metabolisme maupun proses lainnya, apalagi makhluk yang memiliki banyak jaringan. Jantung adalah organ berongga empat dan berotot yang berfungsi memompa darah lewat sistem pembuluh jantung.³² Jantung menggerakkan darah dengan kontraksi yang kuat dan teratur dari serabut otot yang membentuk dinding rongga-rongganya.

³⁰ Pate Russel R, *Dasar-Dasar Ilmu Kepeleatihan*, terjemahan Kasiyo Dwijowinoto (Semarang: IKIP Semarang, 1993), h. 255.

³¹ Ganong F. William, *op. cit.*, h. 533.

³² Pate Russel R, *op. cit.*, h. 244

Ditinjau dari segi latihan olahraga, rongga jantung yang terpenting adalah ventrikel kiri, Karena rongga ini memompa darah yang mengandung oksigen ke seluruh organ dan jaringan tubuh termasuk otot rangka.³³ Untuk kepentingan tersebut dibutuhkan suatu sistem untuk mengangkut (transportasi). Pada manusia sistem tersebut adalah sistem sirkulasi.

Sistem sirkulasi berguna untuk keperluan mengangkut zat-zat makan dari usus dan juga hasil metabolisme tubuh untuk dibuang pada alat pembuangan. Untuk tugas sirkulasi dibutuhkan suatu sistem pompa, tempat untuk mengalirkannya berupa pembuluh darah dan benda yang dialirkannya yaitu darah. Jadi prinsip peredaran darah ialah: ada pompa pengedar, ada cairan atau zat yang diedarkan dan ada tempat beredarnya dengan demikian fungsi utama dari sirkulasi adalah transportasi, selain pertahanan tubuh atau poteksi tubuh. Dalam peredaran darah dibedakan:

- Pompa : berupa jantung
- Pembuluh : arteri dan vena
- Benda yang diedarkan : darah dan plasma.³⁴

Menurut Syaifuddin bahwa pada setiap siklus jantung terjadi sistole dan diastole secara berurutan dan teratur dengan adanya katup jantung yang terbuka dan tertutup. Pada saat itu jantung dapat bekerja sebagai suatu

³³ *Ibid.*, h. 244

³⁴ Tjaliek, Soegardo, *Ilmu Faal* (Jakarta: PGSD Penjas Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan, 1992), h. 36.

pompa sehingga darah dapat beredar ke seluruh tubuh.³⁵ Jadi dalam hal ini jantung membawa oksigen melalui darah untuk disalurkan ke seluruh tubuh dan jantung juga merupakan pompa yang bekerja secara otomatis dan tidak dipengaruhi kehendak kita.

Menurut Lauralee Sherwood dalam bukunya *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2*, dijelaskan bahwa:

Sistem sirkulasi berperan dalam homeostatis dengan berfungsi sebagai sistem transportasi tubuh. Pembuluh darah mengangkut dan mendistribusikan darah yang dipompa oleh jantung untuk memenuhi kebutuhan tubuh akan O₂ dan nutrisi, menyingkirkan zat sisa dan penyampaian sinyal hormon.³⁶

Jantung terletak di rongga dada diantara paru-paru kanan dan kiri, jantung merupakan pompa dari sistem sirkulasi darah dan dibagi menjadi 4 ruangan: Atrium (serambi), kanan dan kiri dibatasi dengan sekat dan ventrikel kiri dan kanan. Dari atrium kanan darah mengalir melalui celah dan klep (valvula) tricuspidalis. Dari atrium kiri ke ventrikel kiri, darah mengalir melalui celah dan klep bicuspidalis.³⁷

Pada manusia mekanisme pompa terjadi melalui sistem pompa yaitu sirkulasi utama (sistemik) dan sirkulasi (pulmonal):

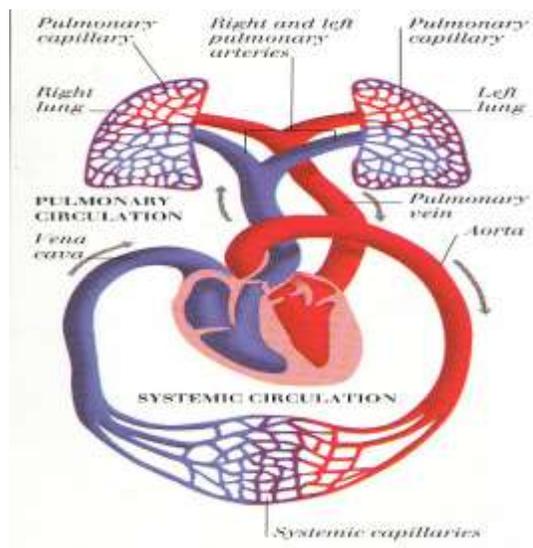
³⁵ Syaifuddin, *op. cit.*, h. 129

³⁶ Lauralee Sherwood, *Fisiologi Manusia dari Sel ke Sistem Ed. 2* (Penerbit Buku Kedokteran, 1996), h. 297.

³⁷ Tjaliek Soegardo, *loc. cit.*

- a. Sirkulasi utama (sistemik), dari atrium kanan, darah mengalir ke ventrikel kanan yang akan memompa darah melalui pembuluh darah paru-paru.
- b. Sirkulasi kecil (pulmonal), ke atrium kiri dan kemudian ke ventrikel kiri. Darah mencapai keseimbangan dengan O₂ dan CO₂ dalam udara alveolus di kapiler paru.³⁸

Sistem sirkulasi dikendalikan oleh berbagai sistem pengaturan yang secara umum berfungsi mempertahankan aliran darah kapiler yang adekuat bila memungkinkan, di seluruh tubuh, tetapi khususnya di jantung dan otak.³⁹



Gambar 4. Sistem Sirkulasi Darah

Sumber: Stephen Stuart, *The Visual Dictionary of Human Anatomy*, Great Britain: Covent Garden Books, 1999, h. 17.

Mengenai sistem sirkulasi darah bukan hanya terdapat jantung ataupun pembuluh darah saja tetapi juga terdapat paru-paru sebagai tempat

³⁸ Ganong F. William, *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran Ed. 22*, h. 533.

³⁹ *Ibid.*, h. 533.

menampungnya oksigen. Pada gambar 4 inilah lebih jelasnya aliran darah pada tubuh manusia disebut sistem sirkulasi darah yang mentransfer O_2 ke seluruh tubuh yang dipompa oleh jantung kemudian sisa dari oksidasi yaitu CO_2 dibawa ke jantung untuk dibuang melalui paru-paru. Jadi, baik jantung, paru-paru, pembuluh darah maupun organ atau komponen lain yang termasuk dalam sistem sirkulasi darah saling bekerja sama antar satu dengan komponen yang lain yang mempunyai tugas dan fungsinya masing-masing, saling melengkapi, berirama tanpa henti selama jiwa dan raga ini masih hidup.

Volume darah yang dipompakan ke dalam nadi utama oleh ventrikel jantung, pada umumnya dinyatakan sebagai liter per menit disebut curah jantung (cardiac output). Sedangkan volume darah yang dipompakan oleh ventrikel per denyut disebut isi sekuncup (stroke volume). Stroke volume biasanya di kalkulasi dengan membagi cardiac output dengan denyut nadi. Sehingga bisa didapat rumus Cardiac out put = Stroke Volume (SV) x denyut nadi.⁴⁰ Pembuluh darah adalah suatu sistem saluran tertutup yang membawa darah dari jantung ke jaringan dan kembali lagi ke jantung.⁴¹ Ada tiga jenis pembuluh darah yang utama, yaitu:

- Arteri yang membawa darah keluar jantung

⁴⁰ Muchtamadji M.A dan Dirgantara Gymnasticaji M.A, *Ilmu Faal Dasar 1*, h. 112.

⁴¹ Lauralee Sherwood, *op. cit.*, h. 257.

- Kapiler yang merupakan selaput kecil untuk pertukaran berbagai zat
- Vena yang mengembalikan darah dari kapiler ke atrium kanan jantung.⁴²

Kalau kita urutkan jalan darah di pembuluh darah maka darah pertama dari aorta (pembuluh besar yang keluar dari ventrikel kiri) bercabang menjadi arteri besar kemudian arteri kecil dan di jaringan bercabang menjadi arteriola kemudian mitarteriola (kapiler) yang dindingnya hanya selapis bersatu menjadi venula, venula-venula bersatu menjadi vena, vena bersatu dengan vena yang lain menjadi vena besar menuju ke jantung dan akhirnya bermuara di atrium kanan.⁴³

Seseorang yang memiliki kesegaran jasmani yang baik akan dapat mengatasi beban kerja fisik tanpa menimbulkan kelelahan yang berarti, bahkan mempunyai tenaga cadangan untuk sewaktu-waktu digunakan secara darurat. Oleh sebab itu kesegaran jasmani yang baik dapat kita peroleh dengan melakukan olahraga secara teratur.

Kesegaran jasmani adalah kemampuan seseorang untuk melakukan tugasnya sehari-hari dengan gampang, tanpa merasa lelah yang berlebihan

⁴² Pate Russel R, *op. cit.*, h. 245.

⁴³ Tjaliek Soegardo, *op. cit.*, h. 40.

dan masih mempunyai sisa atau cadangan tenaga untuk menikmati waktu senggangnya untuk keperluan yang mendadak.⁴⁴

Sedangkan menurut pendapat lain menjelaskan bahwa, kapasitas aerobik maksimal ($VO_2\text{Max}$) adalah kemampuan untuk mengambil oksigen selama kerja fisik yang dinyatakan dalam liter per menit.⁴⁵ Tenaga aerobik maksimal atau $VO_2\text{Max}$ berbeda-beda antara satu orang dengan orang lainnya.

Nilai $VO_2\text{Max}$ bersifat relative terhadap berat badan. Nilai tersebut bervariasi antara kurang dari 6 mL/kg/menit hingga lebih dari 80 mL/kg/menit. Skala nilai tertinggi dicapai oleh olahragawan ketahanan tingkat dunia seperti pelari jarak jauh dan pemain ski lintas alam, sedangkan nilai terendah terdapat pada pasien penyakit lemah jantung.

Tabel 1. Standar Nilai $VO_2\text{Max}$ Atlet

Kategori	Putra	Putri
Baik Sekali	> 56.8	> 49.5
Baik	49.4 - 56.8	43.6 - 49.5
Cukup	41.8 - 49.3	35.4 - 43.5
Kurang	31 - 41.7	29.9 - 35.3
Kurang Sekali	< 31	< 29.9

Sumber: Tim Seleksi Prima, *Standard Operational Procedure Tes Fisik Atlet, Program Indonesia Emas*, h. 43

⁴⁴ Sadoso S, *Pengetahuan Praktis Kesehatan dalam Olahraga* (Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 1992), h. 19.

⁴⁵ Jansen Peter GJM, *Latihan Laktat Denyut Nadi*, terjemahan Pringgoatmodjo Dan Mutalib Abdullah (Jakarta: Balai Pustaka, 1993), h. 26.

Dari tabel 1 diatas dapat dijadikan acuan untuk olahraga yang membutuhkan kapasitas aerobik maksimal yang sangat baik terutama olahraga sepak bola karena dengan memiliki kapasitas aerobik yang baik maka seorang atlet akan dapat melakukan latihan maupun pertandingan dan menjalani instruksi pelatih tanpa mengalami kendala fisik menurun.

Menurut Russel Pate, beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas aerobik maksimal⁴⁶, antara lain:

a. Fungsi Paru-Paru dan Jantung

Daya tahan paru-paru dan jantung adalah kapasitas sistem jantung, paru-paru dan pembuluh darah untuk berfungsi secara optimal saat melakukan aktifitas sehari-hari dalam waktu yang cukup lama tanpa mengalami kelelahan yang berarti.⁴⁷ Olahraga berat biasanya disertai dengan penyesuaian yang nyata dalam fungsi paru-paru dan jantung, respon tersebut dimungkinkan dengan peningkatan kebutuhan oksigen melalui otot-otot rangka yang bekerja. Pertukaran udara komponen komponen penting dari proses pengangkutan oksigen, oksigen disalurkan melalui sel darah merah. Kita telah mengetahui bahwa kebugaran aerobik

⁴⁶ Pate Russel R, *Dasar-Dasar Ilmu Kepeleatihan*, hh. 256-257.

⁴⁷ Wahjoedi, *Landasan Evaluasi Pendidikan Jasmani* (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2001), h. 59.

sangat berkaitan dengan total hemoglobin dan volume darah dan hemoglobin meningkat dengan latihan.

Seperti diketahui bersama bahwa kebugaran jantung dan paru-paru adalah kemampuan jantung dan paru-paru dalam memenuhi kebutuhan O_2 dan nutrisi di otot rangka terutama otot-otot besar, agar otot-otot tersebut dapat bekerja dengan maksimal dalam jangka waktu yang lama. Kebugaran jantung dan paru-paru merupakan komponen terpenting dalam kesegaran kerja fisik yang cukup oksigen.

Orang tidak dapat menggunakan oksigen lebih cepat dari pada sistem jantung dan paru-paru dalam menggerakkan oksigen ke jaringan aktif. Kebanyakan fisiolog olahraga sepakat bahwa kapasitas maksimal memompa jantung (keluaran maksimal jantung) merupakan variabel jantung dan paru-paru yang sangat penting. Namun, fungsi jantung dan paru-paru yang lain seperti kapasitas pertukaran udara dan tingkat hemoglobin darah dapat membatasi VO_2 Max pada sebagian orang.

Jantung yang terlatih memompa lebih banyak darah setiap kali berdenyut. Jantung adalah pompa yang mengeluarkan darah yang memasuki serambinya, masukan lebih banyak darah ke dalam serambinya dan lebih banyak lagi keluarnya. Jadi, kapasitas

fungsional jantung dan paru-paru adalah kunci penentu dari $VO_2\text{Max}$ seseorang.

b. Metabolisme Otot Aerobik

Respon fisiologis terhadap kerja fisik berupa laju peningkatan penggunaan ATP dalam serabut otot rangka, serabut otot rangka adalah sel-sel yang teratur dengan sangat baik dan bersifat khusus yang berfungsi sebagai penghasil kekuatan melalui kontraksi. Sel serabut rangka ini sering disebut *sarcolemma* yang mengatur jalannya zat-zat kimia ke dalam dan keluar sel. Dengan efisiensi dan besarnya kapasitas sistem metabolik menjadi sumber ATP yang dikehendaki otot, tetapi laju regenerasi ATP secara aerobik dibatasi oleh laju pengiriman oksigen oleh sistem paru jantung ke otot aktif. Karena metabolisme otot aerobik hanya dapat terjadi dengan penggunaan oksigen, laju pemakaian oksigen tubuh adalah gambaran mutlak dari laju metabolisme aerobiknya.

Berdasarkan uraian tersebut maka kapasitas aerobik maksimal ($VO_2\text{Max}$) merupakan unsur kemampuan kondisi fisik yang tidak bisa diabaikan dalam mencapai hasil latihan, karena $VO_2\text{Max}$ juga merupakan gambaran kemampuan otot rangka untuk menyadap

oksigen dari darah dan menggunakannya dalam metabolisme aerobik.

Jadi dapat disimpulkan bahwa, metabolisme otot aerobik tidak bisa diabaikan begitu saja, karena setiap olahragawan dapat mempunyai nilai $VO_2\text{Max}$ tinggi hanya apabila otot rangka mereka dapat menggunakan oksigen secara cepat dalam metabolisme aerobik.

c. Kegemukan Badan

Jaringan lemak menambah berat badan, tetapi tidak mendukung kemampuan olahragawan untuk secara langsung menggunakan oksigen selama olahraga berat. Jadi, kegemukan badan cenderung mengurangi berat relative $VO_2\text{Max}$ dan kapasitas fungsional dengan menambah berat badan, dengan kata lain jika lemak meningkat maka $VO_2\text{Max}$ seseorang akan menurun.

d. Latihan

Latihan dapat didefinisikan sebagai peran serta yang sistematis dalam latihan yang bertujuan meningkatkan kapasitas fungsional fisik dan daya tahan latihan.⁴⁸ Efek langsung dari latihan atau aktifitas olahraga atau kerja fisik yang paling dirasakan adalah meningkatnya derajat jantung dan frekuensi pernapasan, sebagai

⁴⁸Pate Russel R, *op. cit.*, h. 317.

reaksi adaptasi dari tubuhnya akan terjadi beberapa perubahan penting pada sistem jantung dan peredaran darah, seperti peningkatan tegangan otot polos dari arteri, peningkatan daya difusi oksigen dan karbondioksida dalam kapiler paru-paru dan jaringan lainnya, peningkatan volume kuncupan jantung dan meningkatnya denyut jantung maksimum. Jadi, dapat diketahui bahwa dengan melakukan kerja fisik secara progresif dapat meningkatkan $VO_2\text{Max}$ seseorang.

e. Keturunan

Faktor keturunan sangat berpengaruh sekali dalam upaya meningkatkan $VO_2\text{Max}$. $VO_2\text{Max}$ seseorang hanya dapat ditingkatkan dengan latihan, tetapi meskipun demikian dengan latihan pun $VO_2\text{Max}$ hanya dapat meningkat sebesar 10 hingga 20% saja. Maka dari itu $VO_2\text{Max}$ setiap individu tidak sama besarnya atau berbeda-beda, karena perbedaan garis keturunan.

Daya tahan kerdiorespirasi adalah seberapa baik anda mampu menghirup oksigen dari atmosfer ke dalam paru-paru dan kemudian darah memompanya melalui jantung ke otot yang bekerja dimana oksigen digunakan untuk mengoksidasi karbohidrat dan lemak untuk menghasilkan energi.⁴⁹

⁴⁹ Brian J. Sharkey, *Kebugaran dan Kesehatan*, terjemahan Eri Dasmarini (Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2003), h. 70.

Dalam buku penuntun praktikum Ilmu Faal Kerja (Ergofisiologi) dijelaskan bahwa:

Kapastitas aerobik atau *cardio respiratory endurance* ialah suatu kualitas yang memungkinkan kita mampu melaksanakan secara terus menerus selama mungkin suatu kerja fisik yang akan bersifat umum dalam kondisi aerobik (cukup oksigen).⁵⁰

Dari pengertian diatas, dapat disimpulkan bahwa seseorang yang memiliki daya tahan kardiorespirasi yang baik maka ia mampu melaksanakan suatu kerja otot secara terus menerus dalam keadaan yang cukup oksigen.

Daya tahan kardiorespirasi (VO_2Max) diukur dalam bentuk jumlah mili liter oksigen yang dikonsumsi per Kg berat badan dalam setiap menit.⁵¹ Daya tahan sendiri berkaitan dengan sistem kardiovaskuler, jadi pentingnya tes kardiovaskuler yang bertujuan untuk mengukur kesanggupan sistem jantung, paru-paru dan pembuluh darah untuk berfungsi secara optimal, baik pada keadaan istirahat maupun bekerja dalam mengambil oksigen dan menyalurkannya ke seluruh jaringan yang aktif sehingga dapat digunakan dalam proses metabolisme tubuh.⁵²

⁵⁰ Arie S. Sutopo dan Alma Permana Lestari W, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Kerja* (Jakarta: UNJ, 2001), h. 18.

⁵¹ Jhonatan Kuntaraf dan Kathleen L. Kuntaraf, *Olahraga Sumber Kesehatan* (Bandung: Advent Indonesia, 1992), hh. 34-35.

⁵² Wahjoedi, *op. cit.*, h. 58.

Faktor yang menentukan daya tahan kardiorespirasi ($VO_2\text{Max}$), yaitu:

a. Genetik

Gabe Mirkin dan Marshal Holfman mengatakan, kemampuan maksimal tubuh anda untuk mengangkut oksigen ke otot dibatasi oleh sifat genetik anda dan sangat bervariasi dari satu individu ke individu lain.⁵³ Didalam penelitian Sundet, Magnus dan Tambus berpendapat, yaitu lebih dari setengah perbedaan $VO_2\text{Max}$ dikarenakan oleh perbedaan Genotype.⁵⁴

b. Jenis Kelamin

Perbedaan jenis kelamin dalam *aerobic power* setelah pubertas adalah 15 sampai 25 persen.⁵⁵ Tergantung pada tingkat aktivitasnya dan salah satu alasan perbedaan antara jenis kelamin adalah hemoglobin. Konsentrasi Hb dalam darah normal kira-kira 15 gr% (pada wanita 14 gr% dan pria 16 gr%).⁵⁶

⁵³ Gabe Mirkin Dan Marshal Holfman, *Kesehatan Olahraga* (Jakarta: PT. Grafindo Jaya, 1984), h. 49.

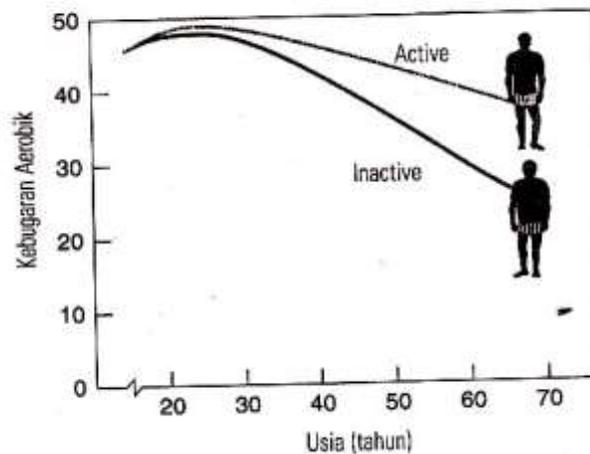
⁵⁴ Brian J. Sharkey, *op. cit.*, h. 80.

⁵⁵ Astrand P dan Rodhal K, *Textbook of Work Physiology* (International Student Edition), h. 341

⁵⁶ Arie S. Sutopo Dan Alma Permana Lestari W, *Buku Penuntun Praktikum Ilmu Faal Dasar* (Jakarta: UNJ, 2001), H. 17.

c. Usia

VO₂Max pria dan wanita mempunyai masa puncaknya pada usia 18 sampai 20 tahun dan perlahan akan menurun dan ketika berusia 65 tahun rata-rata nilai VO₂Max sekitar 70% dari VO₂Max yang dicapai pada saat berusia 25 tahun secara individu.⁵⁷ Efek usia terhadap kebugaran jasmani untuk individu yang tidak aktif VO₂Max akan mengalami penurunan 8 hingga 10% per dekade (per 10 tahun), bagi individu yang aktif dapat menghentikan setengah penurunan tersebut 4 hingga 5% per dekade.⁵⁸



Gambar 5. Kapasitas Aerobik Menurut Usia

Sumber: Brian J. Sharkey, *Kebugaran dan Kesehatan*, Jakarta: PT RajaGrafindo Persada, 2003, h. 84.

⁵⁷ Astrand P. dan Rodhal K, *op. cit.*, h. 333.

⁵⁸ Brian J. Sharkey, *op. cit.*, hh. 83-84.

Pria maupun wanita akan mengalami penurunan kapasitas aerobik sampai atlit sekalipun tetapi terdapat perbedaan antara orang yang aktif dan tidak aktif berolahraga dalam penurunan kapasitas aerobik seperti yang terlihat pada gambar 5. Individu yang aktif akan mengalami penurunan secara bertahap sedangkan individu yang tidak aktif akan turun kapasitas aerobiknya begitu cepat. Ini berlaku untuk semua orang baik pria maupun wanita, baik atlit maupun non-atlit tanpa terkecuali.

d. Komposisi Tubuh

Walaupun VO_2Max dinyatakan dalam beberapa mili liter oksigen per Kg berat badan per menit, perbedaan komposisi tubuh seseorang menyebabkan konsumsi oksigen yang berbeda. Brian J. Sharkey mengemukakan bahwa, VO_2Max seseorang dihitung per unit berat badan, jadi jika lemak meningkat, VO_2Max seseorang akan turun.⁵⁹

e. Latihan

Seseorang dapat memperbaiki VO_2Max dengan latihan daya tahan yang sistematis. Seperti yang dikatakan oleh Donald A. Mahler di dalam buku ASCM (Panduan Uji latihan Jasmani dan Peresapannya edisi 5), mengatakan bahwa:

⁵⁹ *Ibid.*, h. 84.

“Peningkatan $VO_2\text{Max}$ terbesar terjadi pada saat latihan melibatkan penggunaan kelompok otot besar dalam jangka waktu lama, berirama serta bersifat aerobik alami (misalnya jalan kaki, hiking, lari, berenang, bersepeda, dayung, ergometri, dan sebagainya yang mengkombinasikan lengan dan kaki, menari (senam aerobik), skating, ski lintas alam, lompat tali atau aktivitas permainan ketahanan)”.⁶⁰

Atlit yang dapat mengatasi rasa kelelahan baik ketika bertanding maupun latihan maka ia akan dapat menerapkan instruksi seorang pelatih dan menyelesaikan pertandingan ataupun latihan sehingga atlit tersebut dapat berprestasi pada cabang olahraganya tanpa terkecuali olahraga sepak bola. Untuk dapat mengatasi rasa lelah tersebut tentu atlit harus memiliki daya tahan yang baik karena daya tahan merupakan kemampuan maksimal dalam memenuhi konsumsi atau kebutuhan oksigen yang ditandai dengan $VO_2\text{Max}$.⁶¹ Oleh karena itu $VO_2\text{Max}$ yang sangat baik menandakan atlit memiliki daya tahan yang sangat baik. Sehingga seorang atlit sepak bola dapat meminimalisir kesalahan-kesalahan yang akan terjadi akibat dari kelelahan itu sendiri yang berakhir dengan prestasi bagi timnya.

⁶⁰ Donald A. Mahler, *ASCM (Panduan Uji Latihan Jasmani dan Peresapannya Edisi 5)*, h. 136.

⁶¹ Sukadiyanto, *Pengantar Teori dan Metodologi Melatih Fisik*, h. 61.

4. Hakikat Atlet Sepak Bola

Atlet merupakan suatu sebutan atau panggilan yang biasanya ditujukan kepada seseorang yang berada dalam lingkungan olahraga, khususnya cabang olahraga yang diperlombakan atau dipertandingkan untuk mendapatkan prestasi. Pengertian atlet menurut kamus besar Bahasa Indonesia adalah pemain yang mengikuti perlombaan atau pertandingan dalam beradu ketangkasan, kecepatan, keterampilan dan kekuatan.⁶² Sedangkan menurut Poerwardaminta, atlet adalah orang yang bersungguh-sungguh gemar berolahraga terutama mengenai kekuatan badan, ketangkasan dan kecepatan seperti berlari, berenang, melompat dan lain-lain.⁶³

Sepak bola adalah sebuah permainan yang sederhana dan rahasia permainan sepak bola yang baik adalah melakukan hal-hal sederhana dengan sebaik-baiknya.⁶⁴ Suatu tim untuk mencapai prestasi yang optimal, pembinaan sebaiknya dimulai pada usia dini, oleh karena itu untuk dapat maju dan meningkatkan prestasi yang lebih tinggi atlet harus memiliki keinginan atau motivasi yang tinggi untuk memecahkan rekor. Maka sebaiknya pembinaan yang dilakukan di Indonesia haruslah dengan cara

⁶² Tim Penyusun kamus Pusat Pembinaan dan Pengembangan Bahasa, *Kamus Besar Bahasa Indonesia* (Jakarta: Balai Pustaka, 1997), h. 64.

⁶³ Poerwardaminta, *Kamus Umum Bahasa Indonesia* (Jakarta: Balai Pustaka, 2007), h. 67.

⁶⁴ Eric C. Batty, *Latihan Metode Baru Sepakbola Serangan* (Bandung, CV. Pionir Jaya, 2011), h. 4.

yang teratur dan tersusun dengan baik bila menginginkan prestasi yang tinggi.

Disamping faktor bakat, mental juga sangat mempengaruhi seperti seorang atlet dengan mental yang tangguh akan memperlihatkan kegigihan yang luar biasa meskipun secara objektif atau secara alami sudah tidak ada harapan lagi untuk memenangkan pertandingan. Latihan juga merupakan salah satu faktor terpenting seorang atlet untuk dapat berprestasi. Sekalipun pemain berbakat maupun terkenal pasti harus dan membutuhkan yang namanya latihan. Seperti yang dikatakan oleh Marta Dinata :

- a. Latihan itu meningkatkan sistem transportasi oksigen. Disini jantung mempunyai peranan penting
- b. Para atlet dapat melakukan kelebihan latihan dengan berfokus pada aktivitas paru-paru, dengan menghirup udara yang segar secara dalam-dalam dan bernafas
- c. Kapasitas aerobik tinggi yang positif mempengaruhi kapasitas aerobik, sebab akan memperkuat fungsi sebelum mencapai kelelahan
- d. Seorang atlet yang memiliki kapasitas aerobik tinggi dapat dengan cepat pulih dari kelelahan selama masa latihan atau sesudah latihan⁶⁵

Atlit bukan hanya profesi yang mengandalkan otot atau kemampuan fisik, tetapi juga keteguhan hati dan semangat pantang menyerah. Atlet tidak hanya mengharumkan nama bangsa dengan prestasinya, tetapi mereka juga bisa mengubah pandangan dunia tentang negaranya. Oleh karena itu, untuk dapat berprestasi atlit harus memiliki VO₂Max yang tinggi agar terhindar dari

⁶⁵ Marta Dinata, *Rahasia Latihan Sang Juara Menuju Prestasi Dunia "Untuk Semua Cabang Olahraga"* (Jakarta: Cerdas Jaya, 2005), h. 60.

rasa lelah, tidak lupa juga otot-otot pernapasan harus terlatih agar paru-paru dapat mengembang dengan baik dan menampung oksigen sebanyak-banyaknya kemudian hemoglobin dapat membawanya ke seluruh jaringan sehingga atlet tersebut dapat bermain dengan baik selama pertandingan ataupun berlatih.

5. Hakikat Muhandi *Football Academy* (MFA)

Liga Indonesia (Ligina) adalah kompetisi sepak bola antar klub di Indonesia. Liga Indonesia diselenggarakan pertama kali pada tahun 1994. Indonesia sendiri mempunyai dua kompetisi, yaitu kompetisi professional dan kompetisi amatir. Kompetisi professional terdiri dari dua liga yaitu Liga Super Indonesia dan Divisi Utama, sedangkan kompetisi amatir terdiri dari Divisi I, Divisi II dan Divisi III.

Setiap kompetisi di Indonesia mempunyai tingkatan dan kategori umur untuk kompetisi amatir pada saat kejuaraan yang harus dipenuhi oleh setiap tim dan pemain, sedangkan kompetisi professional tidak ada batasan untuk umur. Salah satunya kompetisi Divisi III Liga Indonesia yang merupakan divisi terbawah dalam Liga Indonesia. Status klub dan pemain yang bermain di Divisi ini adalah amatir. Pada musim kompetisi 2008 regulasi tentang pemain Divisi III dibatasi untuk kelompok umur 21 tahun dan diperbolehkan hanya memakai tiga pemain yang berusia bebas.

Persaingan yang ketat di Divisi III Liga Indonesia dan perjalanan yang panjang untuk dapat naik ke Divisi II Liga Indonesia hingga mencapai puncak kompetisi yaitu Liga Super Indonesia membuat salah satu tim dari Divisi III seperti klub MFA (*Muhardi Football Academy*) harus ekstra kerja keras dalam membina atlet-atletnya, agar atletnya dapat mengembangkan dan meningkatkan bakatnya supaya kelak *Muhardi Football Academy* dapat menjuarai Divisi III Liga Indonesia dan dapat promosi atau naik tahta ke Divisi II hingga Liga Super Indonesia dan bersaing dengan tim-tim unggulan lainnya.

Muhardi Football Academy (MFA) sendiri merupakan salah satu tim atau klub yang berdomisili di Kota Tangerang. MFA mempunyai tingkatan umur layaknya seperti Sekolah Sepak Bola (SSB) yang bertujuan untuk membina pesepakbola usia dini dan mempersiapkan para pemain untuk siap bersaing dengan pemain ataupun tim-tim lainnya serta me-regenerasi para pemain yang keluar dari tim MFA ataupun umur yang sudah terlewat dari kategorinya untuk berlaga di Divisi III Liga Indonesia bersama tim *Muhardi Football Academy* (MFA). Kategori umurnya sendiri, yaitu usia 8 tahun, usia 10 tahun, usia 12 tahun, usia 15 tahun, usia 17 tahun (Junior) dan Usia 18 – 21 tahun (Pratama) yang bermain di Divisi III Liga Indonesia. Jadi, banyak kejuaraan-kejuaraan yang diikuti oleh tim MFA (*Muhardi Football Academy*) selain Divisi III, seperti Piala Walikota, Danone Cup, Suratin, HAORNAS, dll.

Dengan kompetisi yang begitu banyak sehingga para pemainnya harus dipersiapkan dengan berlatih sehingga fisiknya akan tetap terjaga dengan baik. Pelatih harus mampu memberikan latihan yang terbaik sehingga VO_2Max para pemainnya menjadi lebih baik. Ketika VO_2Max -nya baik maka daya tahan atlet juga akan baik.

B. Kerangka Berfikir

Pada dasarnya manusia adalah makhluk aerobik. Aerobik sendiri diartikan suatu aktivitas dimana dalam melakukan aktivitas tersebut seseorang memerlukan oksigen. Dengan kata lain bahwa manusia tidak dapat hidup tanpa oksigen yang cukup, karena setiap aktivitas yang dilakukan oleh manusia memerlukan oksigen dalam pembentukan energi. Oksigen yang dihirup dari udara kemudian ditampung didalam paru-paru. Dengan proses inspirasi dan ekspirasi maka oksigen dapat masuk dan karbondioksida dapat keluar. Ketika melakukan inspirasi yang maksimal untuk ditampung dalam paru-paru dan kemudian melakukan ekspirasi maksimal maka dapat kita ketahui kapasitas vital paru-paru suatu individu.

Paru-paru dapat menampung oksigen sebanyak-banyaknya dengan bantuan otot-otot pernapasan sehingga paru-paru dapat mengembang dan mengempis dengan maksimal. Oksigen yang ada dalam paru-paru akan dibawa oleh darah. Komponen darah yang mengikat oksigen

secara langsung, yaitu Hemoglobin (Hb). Hemoglobin berfungsi untuk mengikat oksigen dan membawanya ke berbagai jaringan di tubuh kita.

Hemoglobin adalah sebuah protein dan zat besi yang berada pada sel darah merah (*eritrosit*), yang dapat bergabung dengan oksigen dan berfungsi membawa atau mengirimkan oksigen dari paru-paru menuju jaringan-jaringan tubuh melalui proses atau sistem sirkulasi. Melalui proses sirkulasi darah, hemoglobin mengikat dan membawa oksigen dan melepaskan karbondioksida.

Sedangkan, Kapasitas Aerobik Maksimal (VO_2Max) adalah tempo tercepat dimana seseorang dapat menggunakan oksigen selama olahraga atau kemampuan untuk mengambil oksigen selama kerja fisik yang diukur dalam satuan ml/kgBB/menit. Jadi, VO_2Max seseorang itu berbeda-beda tergantung dari kebutuhan oksigen pada cabang olahraga atau aktivitas fisik yang dilakukan, berat badan (BB), tinggi badan (TB) serta besar pembebanan latihan fisiknya.

Kapasitas vital paru-paru dan kadar hemoglobin yang baik diperlukan dalam melakukan suatu aktivitas jasmani seperti olahraga. Karena pada saat seseorang melakukan olahraga atau aktivitas fisik, maka semua sel dalam tubuh akan bekerja pula. Untuk melakukan aktivitas atau pekerjaan tersebut dibutuhkan oksigen. Oksigen yang kita hirup akan ditampung didalam paru-paru dan masuk kedalam tubuh yang disebarkan ke berjuta sel-sel tubuh.

Agar oksigen tersebut dapat tersebar ke semua sel didalam tubuh, maka diperlukan hemoglobin sebagai perantaranya untuk mengikat dan membawa oksigen tersebut ke berbagai jaringan di tubuh kita. Jadi, diduga semakin banyak oksigen yang dapat ditampung oleh paru-paru membuat kandungan oksigen dalam hemoglobin pada sel darah merah (*eritrosit*), maka semakin banyak pula oksigen yang dapat diangkut, sehingga kapasitas aerobik maksimal seseorang juga akan meningkat.

Berdasarkan uraian kerangka berfikir diatas, maka diduga bahwa hubungan antara kapasitas vital paru-paru dan kadar hemoglobin (Hb) dalam darah dengan kapasitas aerobik maksimal mempunyai hubungan yang positif atau saling keterkaitan. Kapasitas vital dan kadar hemoglobin dalam darah menentukan kapasitas aerobik maksimal seseorang.

C. Pengajuan Hipotesis

Berdasarkan uraian dan penjelasan dari kerangka teori dan kerangka berfikir diatas, maka dapat diajukan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Diduga terdapat hubungan antara Kapasitas Vital (KV) Paru-Paru dengan Kapasitas Aerobik maksimal (VO_2Max).
2. Diduga terdapat hubungan antara Kadar Hemoglobin (Hb) dengan Kapasitas Aerobik Maksimal (VO_2Max).

3. Diduga terdapat hubungan antara Kapasitas Vital (KV) Paru-Paru dan Kadar Hemoglobin (Hb) dengan Kapasitas Aerobik Maksimal (VO_2Max).