

BAB 2

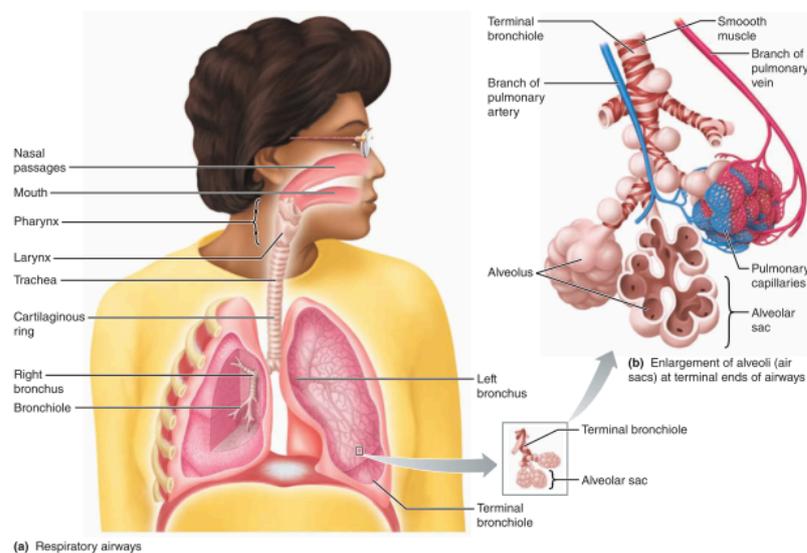
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem pernapasan

Respirasi atau pernapasan terdiri dari dua proses yang terpisah namun berhubungan: pernapasan seluler dan pernapasan eksternal. Istilah pernapasan seluler mengacu kepada proses metabolik intraseluler di dalam mitokondria yang menggunakan O_2 dan memproduksi CO_2 untuk proses pembentukan energi. Sementara, istilah pernapasan eksternal mengacu kepada seluruh tingkatan proses pertukaran O_2 dengan CO_2 antara lingkungan eksternal dengan sel jaringan, yang merupakan fungsi utama dari sistem pernapasan.¹⁰ Fungsi lain yang dimiliki sistem pernapasan seperti meregulasi pH darah, fonasi, memberikan perlindungan terhadap mikroba, serta menangkap dan memecah *blood clots* di pembuluh darah.¹¹

Sistem pernapasan dibentuk oleh susunan organ-organ, yaitu hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan paru. Bagian-bagian tersebut dapat dikategorikan berdasarkan struktur ataupun fungsinya. Secara structural, sistem pernapasan dibagi menjadi dua: (1) sistem pernapasan atas yang terdiri dari hidung, faring, dan struktur disekitarnya. (2) Sistem pernapasan bawah yang terdiri dari laring, trakea, bronkus, dan paru. Secara fungsional, sistem pernapasan juga dibagi menjadi dua bagian: (1) zona konduksi yang merupakan tuba dan kavitas baik di dalam maupun di luar paru yang saling berhubungan satu sama lainnya. Zona ini meliputi hidung, faring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus, dan

bronkiolus terminale yang fungsinya antara lain, memfiltrasi, menghangatkan, dan melembabkan udara yang masuk ke dalam paru-paru. (2) Zona respirasi yang merupakan jaringan yang terdapat di dalam paru di mana pertukaran gas terjadi. Zona ini meliputi bronkiolus respiratori, duktus alveolaris, sakus alveolaris, dan alveoli.¹²



Gambar 1. Anatomi pernapasan.¹⁰

Sumber: Sherwood.

Fungsi pernapasan dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti fisik, usia, jenis kelamin, tinggi dan berat badan, serta ras.¹³ Salah satu komponen fisik yang dapat mempengaruhi fungsi dan kapasitas pernapasan adalah kekuatan otot-otot pernapasan. Peningkatan kekuatan otot-otot pernapasan dapat dilakukan dengan olahraga atau aktivitas fisik lainnya dengan teratur. Aktivitas fisik memiliki efek yang akut maupun kronis terhadap sistem pernapasan melalui mekanisme adaptasi terhadap otot-otot pernapasan.¹³

Otot-otot skelet yang mengalami kontraksi saat melakukan aktivitas fisik membutuhkan O₂ dan menghasilkan CO₂ yang lebih banyak sehingga ventilasi paru akan meningkat secara dramatis. Faktor-faktor yang mempengaruhi ventilasi paru adalah volume tidal dan frekuensi pernapasan atau *respiratory rate*.^{10,12,13}

Peningkatan ventilasi paru yang signifikan dan diikuti oleh peningkatan yang terus-menerus namun bertahap terjadi sesaat setelah aktivitas fisik dimulai. Pada aktivitas fisik yang menengah, proses peningkatan ventilasi pulmoner terjadi akibat meningkatnya kedalaman napas tanpa peningkatan frekuensi pernapasan.¹⁰ Sedangkan pada aktivitas fisik yang berat, peningkatan kedalaman napas juga diikuti oleh peningkatan *respiratory rate* untuk memenuhi kebutuhan O₂ yang jauh lebih banyak.¹²

Peningkatan ventilasi paru secara mendadak pada onset aktivitas fisik disebabkan oleh adanya perubahan neural dalam tubuh yang mengirimkan impuls eksitatori ke area inspirasi di medula oblongata. Perubahan neural yang dimaksud, yaitu: (1) antisipasi terhadap aktivitas tersebut yang menstimulasi sistem limbik, (2) impuls sensorik dari proprioseptor yang ada pada otot, tendon, dan sendi, serta (3) impuls motorik dari girus precentral atau korteks motorik utama.¹²

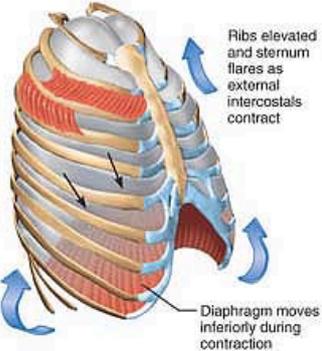
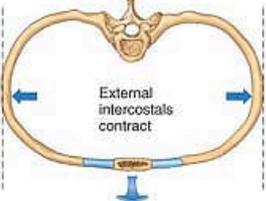
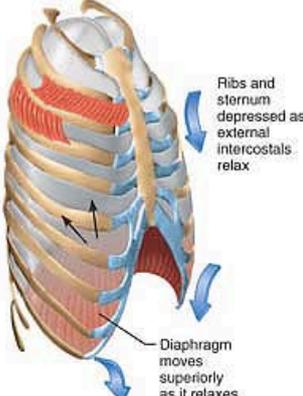
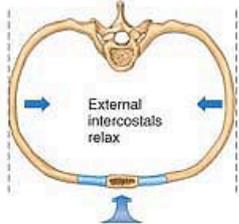
2.2 Mekanisme respirasi

Ventilasi diartikan sebagai proses pertukaran udara di atmosfer dengan udara di alveoli. Tekanan di dalam alveoli harus berbeda dari tekanan atmosfer agar udara dapat masuk atau keluar dari paru. Kondisi ini dicapai dengan cara merubah volume paru.¹²

Ekspansi paru akan meningkatkan volume dan menurunkan tekanan di dalam paru ke bawah tekanan atmosfer yang akan menyebabkan terjadinya proses inspirasi. Tahap pertama inisiasi ekspansi pada inspirasi normal adalah kontraksi dari otot-otot inspirasi utama yaitu, diafragma yang menghasilkan 70-75% ekspansi kavum toraks dan interkostalis eksternus.^{12,14,15}

Kontraksi diafragma membuat kubah diafragma menjadi datar dan tingginya akan menurun sehingga diameter vertikal dari kavum toraks meningkat. Pada inspirasi normal, diafragma menurun sekitar 1,5 cm dan 7 cm pada inspirasi paksa. Kontraksi diafragma juga mengangkat kosta bagian bawah sehingga kavum toraks tereksansi ke arah lateral dan anterior.¹⁵

Inspirasi paksa membutuhkan bantuan dari otot-otot lain seperti, sternokleidomastoideus, skalenus, serratus anterior, dan pektoralis minor. Kontraksi dari otot-otot tersebut akan mengangkat kosta lebih jauh sehingga dapat menghasilkan volume kavum toraks yang lebih besar. Dengan meningkatnya volume kavum toraks, tekanan intraalveolar akan menurun secara signifikan dan akan membuat volume udara inspirasi yang bisa masuk menjadi lebih besar.¹⁶

| | Sequence of events | Changes in anterior-posterior and superior-inferior dimensions | Changes in lateral dimensions |
|-------------|--|--|--|
| Inspiration | <ol style="list-style-type: none"> ① Inspiratory muscles contract (diaphragm descends; rib cage rises) ↓ ② Thoracic cavity volume increases ↓ ③ Lungs stretched; intrapulmonary volume increases ↓ ④ Intrapulmonary pressure drops (to -1 mm Hg) ↓ ⑤ Air (gases) flows into lungs down its pressure gradient until intrapulmonary pressure is 0 (equal to atmospheric pressure) |  |  |
| Expiration | <ol style="list-style-type: none"> ① Inspiratory muscles relax (diaphragm rises; rib cage descends due to recoil of costal cartilages) ↓ ② Thoracic cavity volume decreases ↓ ③ Elastic lungs recoil passively; intrapulmonary volume decreases ↓ ④ Intrapulmonary pressure rises (to $+1$ mm Hg) ↓ ⑤ Air (gases) flows out of lungs down its pressure gradient until intrapulmonary pressure is 0 |  |  |

Gambar 2. Mekanisme pernapasan.¹⁷

Sumber: Marieb.

Ekspirasi dimulai saat otot-otot inspirasi relaksasi. Relaksasi otot-otot inspirasi akan menurunkan diameter vertikal, lateral, dan anteroposterior kavum toraks yang akan berdampak pada turunnya volume paru dan meningkatnya tekanan alveolar, mengakibatkan perpindahan udara dari paru yang bertekanan lebih tinggi dari atmosfer.¹²

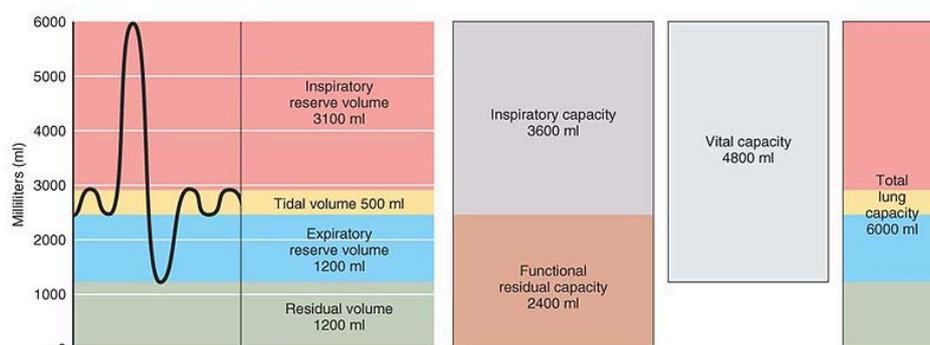
Ekspirasi paksa merupakan proses aktif yang diakibatkan oleh kontraksi dari otot-otot dinding abdominal, terutama otot-otot oblik dan transversa. Kontraksi dari otot-otot tersebut meningkatkan tekanan intra-abdominal sehingga

organ-organ abdominal akan terdesak ke arah superior dan mendepresi kosta. Otot interkostalis internus juga membantu mendepresikan kosta dan meningkatkan volume kavum toraks.^{10,12,17}

2.3 *Vital capacity (VC)*

Vital capacity atau kapasitas vital adalah volume udara maksimal yang dapat diekspirasi oleh seseorang setelah melakukan inspirasi maksimal.¹¹ VC merupakan jumlah total dari *expiratory reserve volume* (ERV), volume tidal (TV), dan *inspiratory reserve volume* (IRV).¹⁸

Besar VC dipengaruhi oleh banyak hal, salah satunya adalah jenis kelamin. Besar VC pada pria kurang lebih 4800 mL, sedangkan pada wanita hanya 3400 mL.¹⁸ Faktor lain yang mempengaruhi adalah usia dimana pada saat manusia berumur 70 tahun, besar VC akan menurun sampai sebesar 35% dari VC normal.¹²



Gambar 3. Volume paru pada pria dewasa.¹⁷

Sumber: Marieb.

2.4 *Forced vital capacity (FVC)*

Forced vital capacity atau kapasitas vital paru paksa adalah volume total dari udara yang dapat diekspirasi paru dengan cepat, kuat, dan dalam setelah inspirasi maksimum.¹⁹ Besar volume FVC pada pria muda normal berkisar sekitar 4 sampai 5 L dan antara 3 sampai 4 L pada wanita muda normal.²⁰

2.5 *Forced expiratory volume in one second (FEV₁)*

Forced expiratory volume in one second adalah volume maksimal yang dapat diekspirasi di detik pertama ekspirasi paksa dari posisi inspirasi maksimal.¹⁹ Parameter ini mengindikasikan besar airflow rate maksimal dari paru.¹⁰ Perbandingan normal dari FEV₁ adalah 80% dari FVC.

2.6 *Forced inspiratory vital capacity (FIVC)*

Forced inspiratory vital capacity atau kapasitas vital inspirasi paksa adalah total volume yang dapat diinspirasi secara paksa setelah ekspirasi paksa maksimal. FIVC diekspresikan dalam satuan liter dan dapat dihitung menggunakan spirometer dengan melakukan manuver FVC.¹⁹

2.7 Faktor-faktor yang mempengaruhi fungsi dan kapasitas paru

2.7.1 Usia

Pertambahan usia akan mempengaruhi banyak aspek di sistem pernapasan.²¹ Dengan penuaan, otot-otot respirasi akan melemah dan dinding dada akan menjadi lebih *rigid* dikarenakan menurunnya elastisitas dari kartilago

kosta dan kosta. Jaringan di traktus respiratorius, seperti sakus alveolaris, juga akan menjadi kurang elastis dan menyebabkan penurunan kapasitas fungsional paru.¹⁴

Penurunan VC pada orang lanjut usia disebabkan oleh berkurangnya kemampuan untuk mengisi paru secara maksimal (penurunan *inspiratory reserve volume*) dan mengeluarkan udara dari paru dengan maksimal (penurunan *expiratory reserve volume*) karena melemahnya otot-otot pernapasan.²¹ Penurunan ini dapat mencapai 35% saat seseorang berumur 70 tahun.¹⁴

2.7.2 Jenis kelamin

Wanita memiliki ukuran paru, fungsi dan kapasitas paru, diameter saluran pernapasan, dan permukaan difusi udara yang lebih kecil daripada pria bahkan setelah memperhitungkan perbedaan komposisi tubuh. Perbedaan ini menyebabkan wanita memiliki *expiratory flow* yang terbatas serta kerja otot pernapasan yang lebih berat daripada pria pada saat melakukan aktivitas fisik.²⁰

2.7.3 Ukuran antropometri

Postur dan komposisi tubuh dapat mempengaruhi hasil dari tes fungsi paru. Kelebihan berat badan yang ekstrim dapat mempengaruhi kerja paru secara keseluruhan karena adanya akumulasi lemak berlebih di kavitas abdomen dan dinding dada. Akumulasi lemak tersebut akan mempengaruhi kerja mekanis pada dada sehingga dapat menurunkan volume paru, meningkatkan beban kerja otot-otot pernapasan, dan menurunkan toleransi tubuh sistem pernapasan terhadap aktivitas fisik.²²

Tinggi badan serta lingkar dada juga memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap kapasitas dan fungsi paru. Kelompok dengan tinggi badan yang lebih tinggi, cenderung memiliki kapasitas paru yang lebih besar.²³

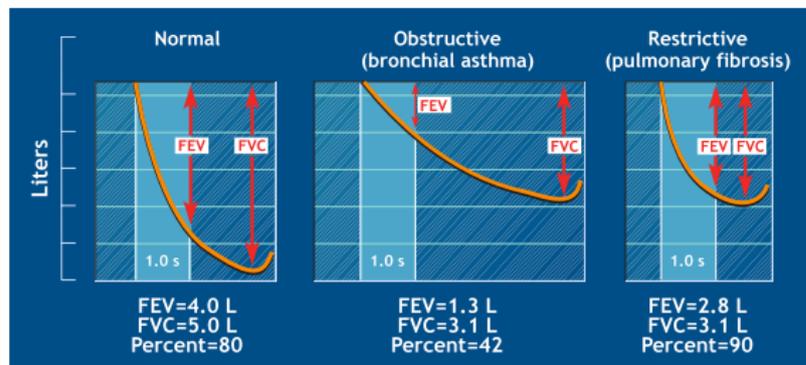
2.7.4 Kadar hemoglobin

Dengan saturasi O₂ yang sempurna dan kadar hemoglobin normal, hemoglobin dapat membawa sampai dengan 20 mL O₂ disetiap dL. Kapasitas transpor O₂ dari darah akan menurun dengan signifikan jika ada penurunan yang bermakna dari kadar besi di sel darah merah. Kondisi seperti anemia defisiensi besi dapat membuat seseorang untuk bertahan bahkan dalam melakukan aktivitas fisik yang ringan.²⁰

2.7.5 Penyakit paru dan jantung

Kondisi kesehatan sistem kardiorespirasi memiliki korelasi yang bermakna dengan nilai parameter fungsi paru.²⁴ Penyakit sistem kardiovaskuler dan sistem respirasi yang dapat mempengaruhi parameter fungsi paru antara lain emfisema, bronkitis, fibrosis pulmoner, tuberkulosis, kanker paru, dan penyakit jantung koroner.^{16,17,21}

Penyakit-penyakit tersebut, terutama asma dan fibrosis pulmoner, dapat memberikan gambaran FVC dan FEV₁ yang berbeda dengan orang normal pada hasil spirometer.²⁰



Gambar 4. Efek penyakit sistem respirasi terhadap fungsi paru.²⁰

Sumber: *Exercise Physiology*.

2.7.6 Aktivitas fisik

Kondisi fisik atau performa atlet akan meningkat sebagai respon dari aktivitas fisik yang berulang dan teratur, hal ini disebabkan karena sistem kardiovaskuler dan respirasi menjadi lebih efisien dalam mentranspor O_2 dan CO_2 . Setelah melakukan aktivitas fisik, VC akan sedikit meningkat dan residual volume akan sedikit menurun. Sedangkan saat melakukan aktivitas fisik yang berat, volume tidal akan meningkat.²¹

Beberapa waktu setelah melakukan aktivitas fisik secara teratur, otak akan cepat beradaptasi untuk menyesuaikan kerja sistem pernapasan serta otot-otot pernapasan dengan intensitas aktivitas fisik yang dilakukan.²¹

2.7.7 Riwayat merokok

Rokok mengandung lebih dari 4000 bahan kimia yang dipaparkan melalui asapnya. Fungsi paru sebagai tempat pertukaran antara udara di atmosfer dan paru juga menjadikan paru sebagai tempat pertukaran zat yang terkandung di dalam asap rokok tersebut.²⁵

Komponen-komponen yang ada di dalam asap rokok melumpuhkan silia pada jalan nafas sehingga mucus dan partikel yang terperangkap tidak dapat dikeluarkan secara efektif. Paparan jangka panjang terhadap komponen-komponen yang terkandung dalam asap rokok menyebabkan silia digantikan oleh sel epitel skuamosa yang tidak dapat membersihkan mucus, sehingga menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme dan mengakibatkan batuk khas perokok.¹⁶ Perubahan struktur dan fungsi pada saluran nafas dan paru akan menyebabkan terjadinya penurunan fungsi dan kapasitas fungsional paru.²⁶

2.8 Olahraga prestasi

Salah satu ruang lingkup olahraga di Indonesia sebagaimana yang tertuang di Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2005 tentang Sistem Keolahragaan Nasional adalah olahraga prestasi. Olahraga prestasi merupakan olahraga yang membina dan mengembangkan olahragawan secara terencana, berjenjang, dan berkelanjutan melalui kompetisi untuk mencapai prestasi dengan dukungan ilmu pengetahuan dan teknologi keolahragaan. Olahraga prestasi dimaksudkan sebagai upaya untuk meningkatkan kemampuan dan potensi olahragawan dalam rangka meningkatkan harkat dan martabat bangsa.¹

Untuk memajukan olahraga prestasi, pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan/atau masyarakat dapat mengembangkan:

- 1) perkumpulan olahraga
- 2) pusat penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi keolahragaan

- 3) sentra pembinaan olahraga prestasi
- 4) pendidikan dan pelatihan tenaga keolahragaan
- 5) prasarana dan sarana olahraga prestasi
- 6) sistem pemanduan dan pengembangan bakat olahraga
- 7) sistem informasi keolahragaan
- 8) melakukan uji coba kemampuan prestasi olahragawan pada tingkat daerah, nasional, dan internasional sesuai dengan kebutuhan.¹

2.8.1 Pusat pembinaan dan latihan olahraga pelajar (PPLP)

Pusat pembinaan dan latihan olahraga pelajar yang biasa disingkat menjadi PPLP merupakan suatu bagian dari sistem pembinaan prestasi olahraga yang integral melalui kombinasi antara pembinaan prestasi dengan jalur pendidikan formal di sekolah.³ Setiap olahraga yang bertujuan untuk peningkatan prestasi diperlukan sarana penunjang yang meliputi faktor bakat, kesehatan gizi, organisasi, fasilitas, lingkungan dan pembinaan.²⁷ Oleh karena itu, sistem ini memiliki posisi strategis dalam meletakkan pondasi pembangunan prestasi olahraga di Indonesia pada usia potensial (*the golden age*) dalam rangka pengembangan bakat siswa di bidang olahraga prestasi.⁶

Pada dasarnya pola pembinaan prestasi PPLP berasal dari jalur sekolah. Dalam pelaksanaannya, atlet yang tergabung dalam PPLP adalah atlet-atlet terpilih yang telah lulus seleksi dengan segala macam parameter tes dan kriteria yang telah ditetapkan.⁵

2.8.2 Bola voli

Cabang olahraga Bola Voli pertama kali diciptakan oleh William G. Morgan, seorang pendidik jasmani pada *Young Men Christian Assocation* (Y.M.C.A.) di Kota Holyoke, Massachusetts pada tahun 1895. Permainan Bola Voli dikenal oleh masyarakat Indonesia pada tahun 1928 yang dibawa oleh serdadu-serdadu Belanda dan guru pendidikan yang didatangkan dari Belanda untuk mengembangkan olahraga secara umum, khususnya olahraga Bola Voli.⁵

Cabang olahraga Bola Voli dimainkan oleh dua regu dengan masing-masing regu terdiri dari enam orang. Bola dimainkan di udara dengan melewati net, setiap regu hanya bisa memainkan bola tiga kali pukulan.⁵

Permainan dimulai dengan pukulan bola servis. Bola harus dipukul dengan satu tangan ke arah lapangan lawan melewati net, masing-masing regu berhak memainkan bola sampai tiga kali sentuhan (kecuali persentuhan bola pada saat membendung) untuk mengembalikannya ke daerah lawan. Seorang pemain (kecuali saat membendung) tidak diperkenankan memainkan bola dua kali berturut-turut. Permainan Bola Voli menggunakan sistem angka (*point rally*) seperti Sepak Takraw. Apabila tim yang sedang menerima servis memenangkan reli, tim tersebut akan memperoleh satu angka dan berhak untuk melakukan servis berikutnya, serta pemainnya melakukan pergeseran satu posisi searah jarum jam.²⁸

Penguasaan teknik dasar pada cabang olahraga Bola Voli merupakan suatu indikator penting untuk mencapai prestasi yang diinginkan. Penguasaan teknik dasar dapat dicapai dengan menerapkan jenis latihan yang baik dan menguntungkan, serta dilakukan dengan konstan, berjenjang, dan

berkesinambungan. Selain itu, latihan fisik untuk meningkatkan kekuatan serta stamina juga diperlukan karena performa fisik yang baik merupakan penunjang dari penguasaan teknik tersebut.⁵

2.8.3 Sepak takraw

Sepak Takraw adalah olahraga yang berasal dari Asia Tenggara. Sepak Takraw diduga pertama kali dimainkan pada abad ke-15 oleh masyarakat Thailand dan Malaysia. Sejarah tertulis dari permainan Sepak Takraw terdapat di kuil Budha Wat Phra Kaew yang berada di Bangkok, Thailand.²⁹

Sepak Takraw dimainkan secara beregu dengan 3 orang di setiap timnya. Cara bermain Sepak Takraw dapat dikategorikan sebagai perpaduan dari permainan Sepakbola dan Bola Voli karena permainan itu dimainkan dengan menggunakan kaki dan anggota badan lain selain tangan seperti cabang olahraga Sepakbola dan dimainkan dengan sistem poin serta aturan yang mirip dengan cabang olahraga Bola Voli.³⁰

Cabang olahraga Sepak Takraw dimainkan menggunakan bola yang terbuat dari rotan atau *fiber* (takraw) di atas lapangan yang datar berukuran panjang 13,40 m dan lebar 6,10 m dengan net atau jaring pembatas di tengah lapangan.⁶

Aspek-aspek yang perlu diperhatikan dalam pemanduan bakat olahraga sepak takraw adalah kualitas biometrik, kapasitas motorik, dan kapasitas psikologis. Secara garis besar, kualitas biometrik cabang olahraga ini adalah orang yang memiliki tipe tubuh ektomorp. Kapasitas motorik meliputi kekuatan, kecepatan, kelenturan, daya ledak otot, antisipasi dan akselerasi, serta

keseimbangan. Kapasitas psikologis meliputi konsentrasi, kerjasama, percaya diri, keseimbangan emosi, kemampuan antisipasi, dan kemampuan akselerasi gerak.⁶

2.9 Spirometer *Spirolab II*

Spirometri adalah metode tes fisiologis untuk mengukur volume udara yang diinspirasi atau ekspirasi seseorang dalam satu satuan waktu. Alat yang digunakan untuk hal tersebut disebut dengan spirometer.¹⁹ Salah satu spirometer yang umum digunakan adalah spirometer *spirolab II*. Model spirometer *spirolab II* memiliki *liquid crystal display* (LCD) berwarna dan *International Alphabet Keyboard* dengan 29 karakter.³¹



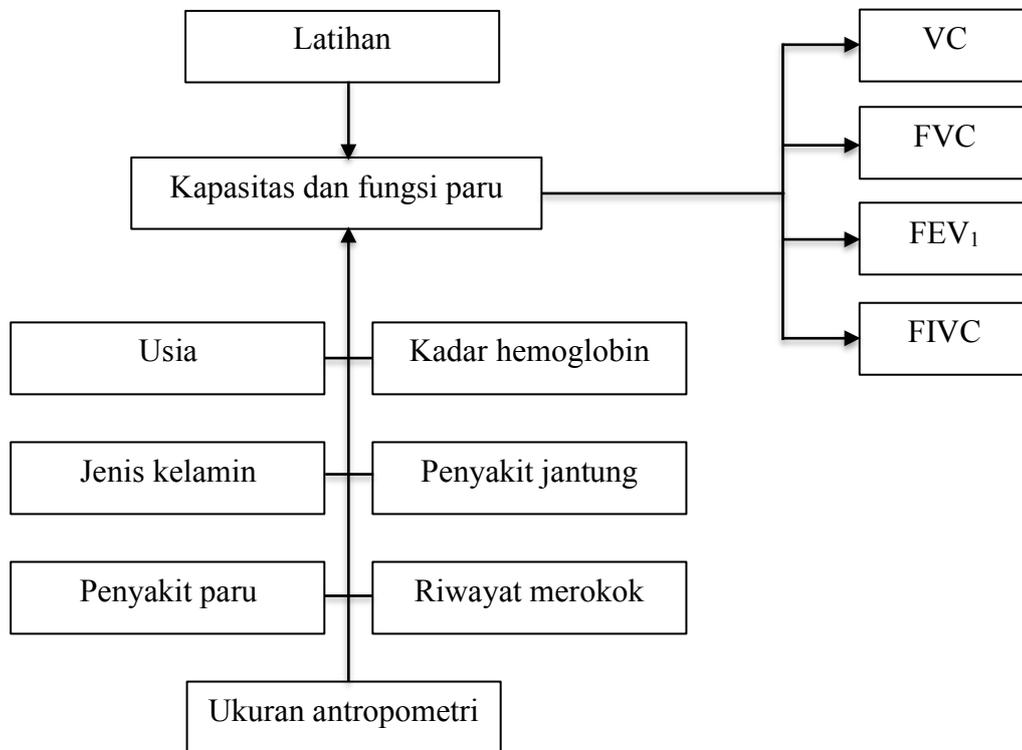
Gambar 5. Spirometer *Spirolab II*.³¹

Sumber: Spirolab MIR.

Spirometer *spirolab II* memiliki tiga jenis manuver tes, yaitu manuver VC, FVC, dan *maximum voluntary ventilation* (MVV). Parameter yang dapat diukur dengan manuver VC selain VC sendiri, misalnya *inspiratory vital capacity* (IVC), ERV, *inspiratory capacity* (IC), dan TV. Parameter yang dapat diukur dengan

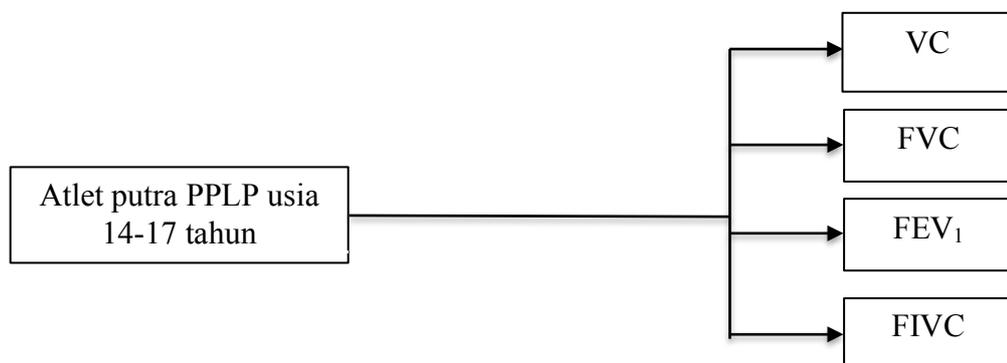
manuver FVC selain FVC sendiri, misalnya FEV₁, *peak expiratory flow*, dan FIVC.³¹

2.10 Kerangka teori



Gambar 6. Kerangka teori.

2.11 Kerangka konsep



Gambar 7. Kerangka konsep.

2.12 Hipotesis

2.12.1 Hipotesis mayor

Parameter fungsi paru pada atlet putra PPLP cabang olahraga Bola Voli lebih besar dari atlet putra PPLP cabang olahraga Sepak Takraw.

2.12.2 Hipotesis minor

- 1) VC atlet putra PPLP cabang olahraga Bola Voli lebih besar dari atlet putra PPLP cabang olahraga Sepak Takraw.
- 2) FVC atlet putra PPLP cabang olahraga Bola Voli lebih besar dari atlet putra PPLP cabang olahraga Sepak Takraw.
- 3) FEV₁ atlet putra PPLP cabang olahraga Bola Voli lebih besar dari atlet putra PPLP cabang olahraga Sepak Takraw.
- 4) FIVC atlet putra PPLP cabang olahraga Bola Voli lebih besar dari atlet putra PPLP cabang olahraga Sepak Takraw.