

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem pernapasan

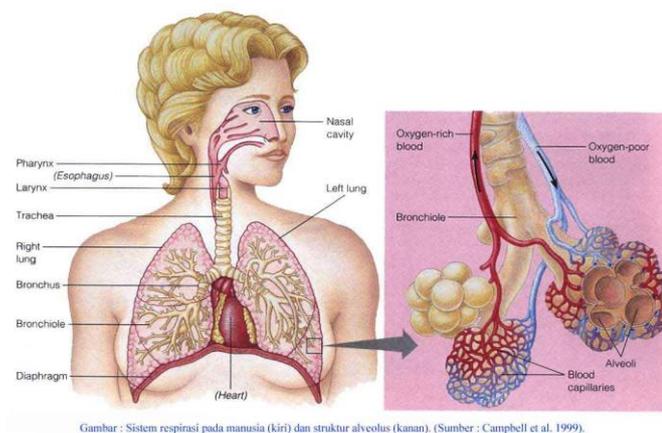
Fungsi utama pernapasan adalah menggunakan O₂ untuk digunakan oleh sel tubuh untuk mengeluarkan CO₂ yang diproduksi oleh sel. Ada dua cakupan dalam proses respirasi yaitu respirasi eksternal dan respirasi internal. Respirasi eksternal merujuk kepada seluruh rangkaian kejadian dalam pertukaran O₂ dan CO₂ antara lingkungan eksternal dan sel tubuh. Sedangkan respirasi internal merujuk kepada proses-proses metabolik intrasel yang dilakukan di dalam mitokondria, yang menggunakan O₂ dan menghasilkan CO₂ selagi mengambil energi dari molekul nutrien.¹⁰

Sistem respirasi mencakup saluran napas yang menuju paru, paru itu sendiri, dan otot-otot pernapasan toraks (dada) dan abdomen yang berperan dalam menghasilkan aliran udara melalui saluran napas masuk dan keluar paru. Saluran napas adalah tabung atau pipa yang mengangkut udara antara atmosfer dan kantong udara (alveolus), dengan yang terakhir (alveolus) merupakan satu-satunya tempat pertukaran gas antara udara dan darah.¹⁰

Paru menempati sebagian besar dari volume rongga toraks (dada). Dinding dada luar dibentuk oleh 12 pasang tulang iga melengkung, yang berhubungan dengan sternum (tulang dada) di anterior dan vertebra torakalis (tulang punggung) di posterior. Diafragma yang membentuk lantai rongga toraks adalah suatu

lembaran otot rangka yang lebar, berbentuk kubah, dan memisahkan secara total rongga toraks dari rongga abdomen.¹⁰

Sistem pernapasan dibentuk oleh susunan dari berbagai organ, yaitu hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan paru. Bagian-bagian tersebut dapat dikategorikan berdasarkan struktur ataupun fungsinya. Secara struktural, 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, saku alveolaris, dan alveoli.¹¹



Gambar : Sistem respirasi pada manusia (kiri) dan struktur alveolus (kanan). (Sumber : Campbell et al. 1999).

Gambar 1. Anatomi pernapasan¹²

Otot-otot skelet yang berkontraksi saat melakukan aktivitas fisik membutuhkan O₂ dan menghasilkan CO₂ yang lebih banyak, sehingga ventilasi paru akan meningkat secara signifikan. Ada dua faktor yang memengaruhi ventilasi paru antara lain adalah volume tidal dan frekuensi pernapasan atau *respiratory rate*.^{10 11 13}

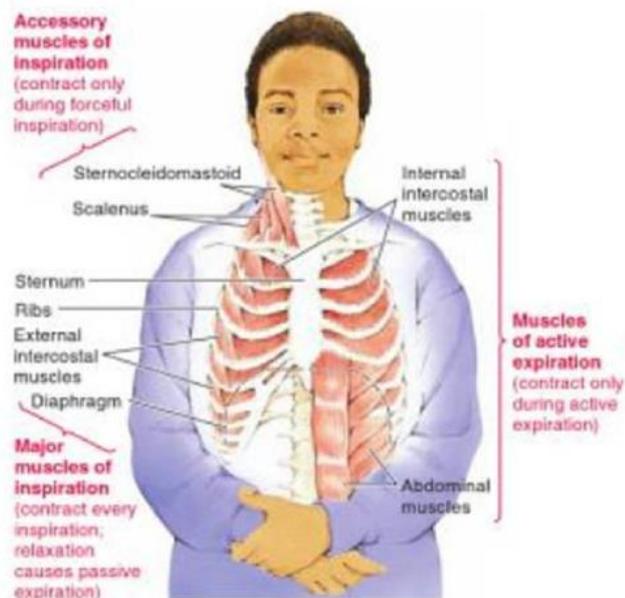
Peningkatan ventilasi paru yang signifikan dan diikuti oleh peningkatan yang terus-menerus namun bertahap terjadi sesaat setelah aktivitas fisik dimulai. Pada aktivitas fisik yang menengah, proses peningkatan ventilasi pulmoner terjadi akibat meningkatnya kedalaman napas tanpa peningkatan frekuensi pernapasan.¹⁰ Sedangkan pada aktivitas fisik yang berat, peningkatan kedalaman napas juga diikuti oleh peningkatan *respiratory rate* untuk memenuhi kebutuhan O₂ yang jauh lebih banyak.¹¹

2.2 Mekanika pernapasan

Paru-paru dapat dikembang-kempiskan melalui dua cara yaitu (1) gerakan naik turunnya diafragma untuk memperbesar atau memperkecil rongga dada dan (2) dengan mengangkat dan menekan tulang iga untuk memperbesar atau memperkecil diameter anteroposterior rongga dada.¹³

Pernapasan normal dan tenang dapat dicapai dengan hampir sempurna melalui metode pertama, yaitu dengan gerakan diafragma. Selama inspirasi, kontraksi diafragma menarik permukaan bawah paru ke arah bawah. Kemudian, selama ekspirasi, diafragma berelaksasi dan, *sifat rekoil elastik paru*, dinding dada, dan struktur abdomen akan menekan paru-paru dan mengeluarkan udara. Namun, selama bernapas kuat, daya elastis tidak cukup kuat untuk menghasilkan

ekspirasi cepat yang diperlukan, sehingga diperlukan tenaga ekstra yang diperoleh dari kontraksi *otot-otot abdomen*, yang mendorong isi abdomen ke atas melawan dasar diafragma, sehingga dapat mengompresi paru.¹³

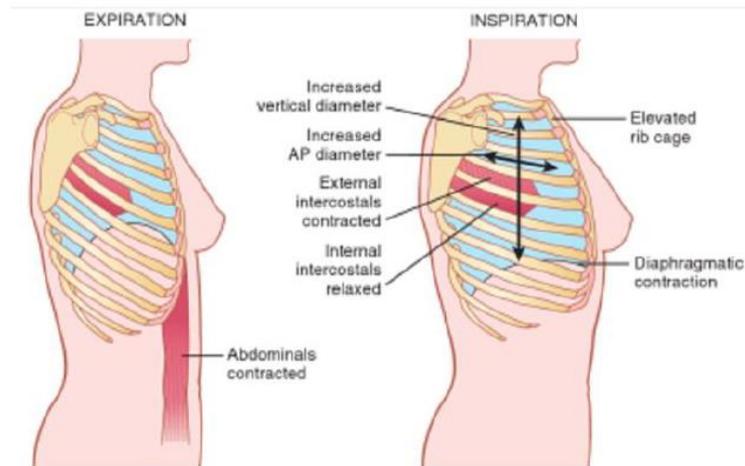


Gambar 2. Anatomi otot pernapasan ¹⁰

Otot-otot pernapasan utama yang berkontraksi saat melakukan inspirasi adalah *diafragma* dan *otot interkostal eksternal*. Pada awitan inspirasi, otot-otot ini dirangsang untuk berkontraksi sehingga rongga toraks membesar. Diafragma dipersarafi oleh saraf frenikus, ketika dalam keadaan melemas berbentuk kubah yang menonjol ke atas ke dalam rongga toraks. Ketika berkontraksi (pada stimulasi oleh saraf frenikus), diafragma turun dan memperbesar volume rongga toraks dengan meningkatkan ukuran vertikal (atas ke bawah). Dinding abdomen, jika melemas, menonjol keluar sewaktu inspirasi karena diafragma yang turun menekan isi abdomen ke bawah dan ke depan. ¹⁰

Selama pernapasan tenang, normalnya ekspirasi adalah suatu proses pasif, karena dicapai oleh *recoil* elastik paru ketika otot-otot inspirasi melemas, tanpa memerlukan kontraksi otot atau pengeluaran energi. Sedangkan inspirasi selalu *aktif* karena ditimbulkan hanya oleh kontraksi otot inspirasi dengan menggunakan energi. Ekspirasi dapat menjadi aktif untuk mengosongkan paru secara lebih tuntas cepat daripada yang dicapai selama pernapasan tenang, misalnya sewaktu pernapasan dalam ketika olahraga.¹⁰

Ekspirasi paksa atau aktif dihasilkan dengan mengkontraksikan otot-otot ekspirasi secara lebih untuk mengurangi volume rongga toraks dan paru. Otot ekspirasi yang paling penting adalah *otot dinding abdomen*. Sewaktu otot abdomen berkontraksi terjadi peningkatan tekanan intra-abdomen yang menimbulkan gaya ke atas pada diafragma, mendorongnya semakin ke atas ke dalam rongga toraks daripada posisi lemasnya sehingga ukuran vertikal rongga toraks menjadi semakin kecil. Selain *otot dinding abdomen*, otot ekspirasi lain adalah *otot interkostalis internal*, yang kontraksinya menarik iga turun dan ke arah dalam, mendatarkan dinding dada dan semakin mengurangi ukuran rongga toraks; kerja ini tepat berlawanan dengan *otot interkostalis eksternal*.¹⁰



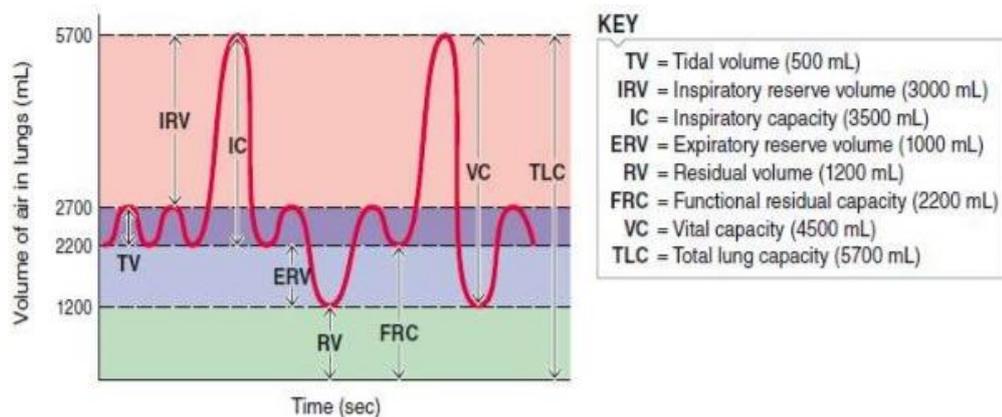
Gambar 3. Aktivitas otot pernapasan sewaktu inspirasi dan ekspirasi¹⁰

2.3 Kapasitas Vital Paru (VC)

Vital capacity atau kapasitas vital adalah volume udara maksimal yang dapat diekspirasikan oleh seseorang setelah melakukan inspirasi maksimal.¹⁴ Vital capacity merupakan jumlah total dari expiratory reserve volume (ERV), volume tidal (VT), dan inspiratory reserve volume (IRV). Dapat dijelaskan lebih rinci sebagai jumlah dari volume cadangan inspirasi ditambah volume tidal dan volume cadangan ekspirasi. Ini adalah jumlah udara maksimum yang dapat dikeluarkan seseorang dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimum dan kemudian mengeluarkan sebanyak-banyaknya.¹⁵

Jenis kelamin dapat memengaruhi besar kapasitas vital paru. Besar VC pada pria kurang lebih 4800 mL, sedangkan pada wanita hanya 3400 mL.¹⁸ Faktor lain yang memengaruhi adalah usia dimana pada saat manusia berumur 70 tahun, besar VC akan menurun sampai sebesar 35% dari VC normal.¹¹

Kapasitas vital paru mencerminkan perubahan volume maksimal yang dapat terjadi pada paru. Namun, uji ini jarang digunakan karena kontraksi otot maksimal yang terlibat melelahkan, tetapi berguna untuk memastikan kapasitas fungsional paru. Nilai rerata = 4500 mL.¹⁰



(b) Normal variations in lung volume in a spirogram in a healthy young adult male

Gambar 4. Volume dan kapasitas paru normal pada laki-laki dewasa muda sehat¹⁰

2.4 Spirometer

Spirometri adalah suatu proses pemeriksaan fungsi paru menggunakan metode sederhana yang mempelajari ventilasi dengan mencatat volume udara yang masuk dan keluar paru-paru, alat yang digunakan adalah spirometer. Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui atau ditentukan semua volume pernapasan kecuali volume residu serta semua kapasitas pernapasan kecuali kapasitas pernapasan yang mengandung komponen volume residu seperti kapasitas paru total dan kapasitas residu fungsional.¹⁶ Spirometer itu sendiri dapat digunakan untuk mendiagnosis suatu penyakit yang berhubungan dengan fungsi paru, evaluasi pengobatan dan memantau perjalanan penyakit pernapasan, persiapan operasi, penelitian epidemiologi dan penelitian fungsi paru atlet.

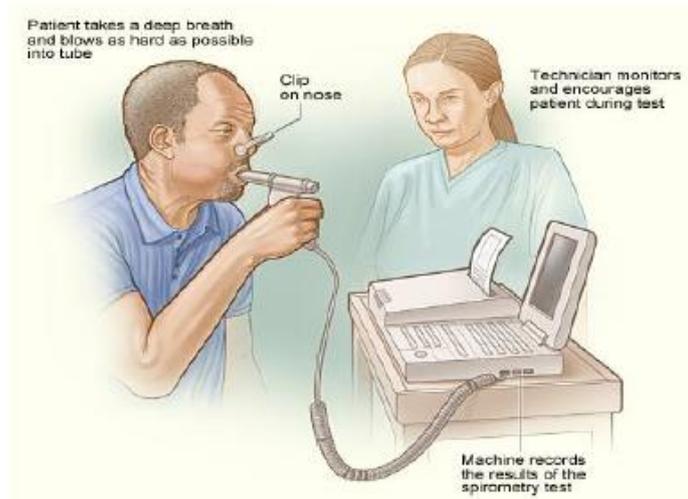
Alat ini memiliki dua jenis yaitu spirometer konvensional maupun spirometer elektronik. Produk yang dihasilkan oleh spirometer konvensional adalah sebuah grafik yang disebut spirogram, sedangkan spirometer elektronik

akan menunjukkan hasil pemeriksaan dalam bentuk angka. Spirometer konvensional contohnya MERA EV, Collins, Rotary dan peak flow meter. Auto spirometer memiliki banyak merk. Salah satu merk yang dipakai dalam penelitian ini adalah Spirometer Spirolab II.⁹

Spirometer ini merupakan generasi ke 2 spirolab yang memfasilitasi total penilaian fungsi paru. Perangkat ini juga sudah dilengkapi dengan layar LCD untuk melihat hasil spirometer. Hasil yang berupa angka dari spirometer ini juga dapat di cetak langsung dengan printer on-board atau menggunakan komputer dengan Winspiro Pro Software. Produk ini dirancang sedemikian rupa sehingga mampu menghitung seluruh parameter paru, kecuali yang berkaitan dengan udara residu. Data dari subjek berupa nama, umur, tinggi badan, jenis kelamin, tanggal melakukan tes dimasukkan ke data spirometer.¹⁷



Gambar 5. Spirometer¹⁸



Gambar 6. Pemeriksaan spirometri¹⁹

Terdapat indikasi spirometri yang dibagi dalam 4 manfaat, yaitu:

1. Diagnostik

Evaluasi individu yang mempunyai gejala, tanda, atau hasil laboratorium yang abnormal; skrining individu yang mempunyai risiko penyakit paru; mengukur efek fungsi paru pada individu yang mempunyai penyakit paru; menilai risiko pre operasi; menentukan prognosis penyakit yang berkaitan dengan respirasi dan menilai status kesehatan sebelum memulai program latihan.

2. Monitoring

Menilai intervensi terapeutik, memantau perkembangan penyakit yang memengaruhi fungsi paru, monitoring individu yang terpajan agen

berisiko terhadap fungsi paru dan efek samping obat yang mempunyai toksisitas pada paru.

3. Evaluasi kecacatan/ kelumpuhan

Menentukan pasien yang membutuhkan program rehabilitasi, kepentingan asuransi dan hukum.

4. Kesehatan masyarakat

Survei epidemiologis (skrining penyakit obstruktif dan restriktif) menetapkan standar nilai normal dan penelitian klinis.¹⁷

Kontraindikasi Spirometri terbagi dalam kontra indikasi absolut dan relatif. Kontraindikasi absolut meliputi: Peningkatan tekanan intrakranial, *space occupying lesion* (SOL) pada otak, ablasio retina, dan lain-lain. Sedangkan yang termasuk dalam kontraindikasi relatif antara lain: hemoptisis yang tidak diketahui penyebabnya, pneumotoraks, angina pektoris tidak stabil, hernia skrotalis, hernia inguinalis, hernia umbilikalis, *Hernia Nucleous Pulposus* (HNP) tergantung derajat keparahan, dan lain-lain.¹⁷

2.5 Sepak Bola

Sepak bola adalah suatu permainan beregu yang dimainkan oleh sebelas orang pemain per tiap regunya termasuk seorang penjaga gawang. Sepak bola adalah permainan yang sangat populer, karena permainan sepak bola sering dilakukan oleh anak-anak, orang dewasa maupun orang tua.

Permainan sepak bola yang digemari banyak orang selama berabad-abad, masih tetap memperoleh popularitas di seluruh dunia. Menariknya sepak bola mempunyai banyak sumber yang berbeda-beda, yang menyebabkan sepak bola

begitu mempesona bagi pemain dan penonton. Penyebaran olahraga ini dimulai setelah perang dunia kedua. Maka semenjak itu sepak bola menjadi suatu permainan yang nampak memasyarakat.

Prinsip dalam sepak bola sederhana sekali yaitu membuat gol dan mencegah jangan sampai lawan berbuat yang sama terhadap gawang sendiri, yang memasukkan bola ke gawang terbanyak adalah yang memenangkan pertandingan. Kalau prinsip ini kita telurusi lebih jauh, maka kita dapat mengatakan sebagai berikut: (1) Untuk dapat gol kita harus menguasai bola (2) Untuk mencegah gol oleh lawan, kita harus berusaha mengubah keadaan sehingga dari penjaga bola, kita menjadi penguasa bola.²⁰

Dalam permainan sepak bola kerjasama antar pemain harus dikembangkan, sehingga suatu gerakan pola permainan tertentu mereka lakukan secara otomatis, kondisi fisik, kecepatan, serta teknik dasar merupakan faktor yang sangat penting. Untuk dapat menguasai dan lebih sukses dengan permainan sepak bola, pemain perlu didukung oleh kemampuan fisik yang prima. Berdasarkan pengalaman dan pengamatan sepak bola masa kini, komponen-komponen yang dibutuhkan dalam permainan sepak bola sangat menunjang kemajuannya.²⁰

2.6 Pengaruh Sepak Bola terhadap Kesehatan Paru

Akhir-akhir ini, semakin banyak orang menyadari akan kebutuhan aktivitas fisik untuk pemeliharaan kesehatan. Badan yang bugar telah menjadi perhatian utama oleh semua orang, dan salah satu metode untuk tetap bugar adalah dengan latihan aerobik.²¹

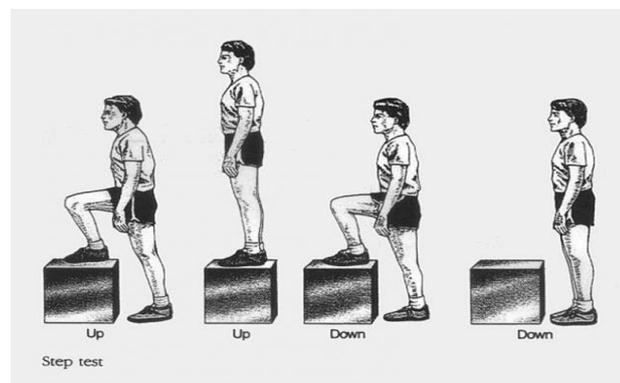
Sepak bola merupakan olahraga aerobik utama yang mencakup aktivitas fisik yang sering terjadi. Selama pertandingan, para pemain melakukan berbagai jenis tindakan, mulai berdiri hingga berlari maksimal, mulai melompat dari atas maupun lewat penembakan bola.²²

Latihan ini dilakukan pada tingkat intensitas yang sedang dengan jangka waktu yang panjang. Latihan aerobik bekerja untuk meningkatkan kapasitas total paru. Selama latihan aerobik, kapasitas vital paru meningkat, dan juga dapat meningkatkan beban pada otot-otot pernapasan, sehingga frekuensi dan kecepatan otot tersebut akan meningkat. Efisiensi jantung pun juga semakin baik, yang ditandai dengan meningkatnya curah jantung yang proporsional untuk meningkatkan konsumsi oksigen.²¹ Selain itu latihan aerobik dapat membantu untuk mengontrol tekanan darah, meningkatkan profil lipid, dan membantu membakar kalori yang berlebih untuk mempertahankan berat badan ideal.²³

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa latihan fisik yang rutin dilakukan, memiliki dampak untuk meningkatkan parameter pernapasan. Banyak peneliti menyatakan bahwa sistem pernafasan dapat memengaruhi kinerja kekuatan dan latihan pada atlet terlatih. Penelitian sebelumnya di bidang ini menunjukkan bahwa atlet memiliki nilai fungsi paru yang lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol mereka yang tidak terlibat dalam jenis latihan fisik reguler. Selain itu, nilai fungsi paru dipengaruhi oleh faktor genetik, karakteristik etnik, pencemaran lingkungan, aktivitas fisik, *altitude* dan sebagian kecil oleh faktor gizi dan sosio-ekonomi.²⁴

2.7 Latihan Naik Turun Bangku Harvard

Pertama kali dikembangkan oleh Brouha, Graybriel dan Heath pada tahun 1943.²⁵ Merupakan tes untuk mengukur ketahanan kardiovaskuler seseorang, dengan metode naik turun bangku dengan kecepatan yang telah ditentukan.²⁶ Biasanya dilakukan selama 6 menit menggunakan bangku setinggi 40 cm untuk pria, dan 33 cm untuk wanita. Tes ini diukur mengikuti irama metronom dengan ketukan 120 bpm. Saat sudah mencapai kelelahan atau irama langkah peserta tidak sesuai, maka tes dihentikan kemudian waktunya dicatat dan dihitung nadi pada arteri radialis dari 1-1,5 menit, 2-2,5 menit dan 3-3,5 menit.²⁶



Gambar 7. Harvard Step Test²⁷

2.8 Pengaruh Latihan Naik Turun Bangku Harvard terhadap Kapasitas Vital Paru

Latihan fisik yang dapat meningkatkan kemampuan kerja jantung maupun konsumsi oksigen maksimal adalah latihan-latihan yang bersifat aerobik. Metode latihan yang paling baik untuk mengembangkan kerja jantung maupun kapasitas aerobik tersebut adalah: latihan sirkuit, latihan kontinu, dan latihan

interval. Bentuk latihan interval dan latihan kontinu dapat dikerjakan dengan tidak menggunakan alat bantu seperti misalnya lari, maupun menggunakan alat bantu seperti naik-turun bangku. Beban latihan naik-turun bangku yang dikerjakan untuk meningkatkan kapasitas aerobik adalah dengan intensitas submaksimal.²⁸

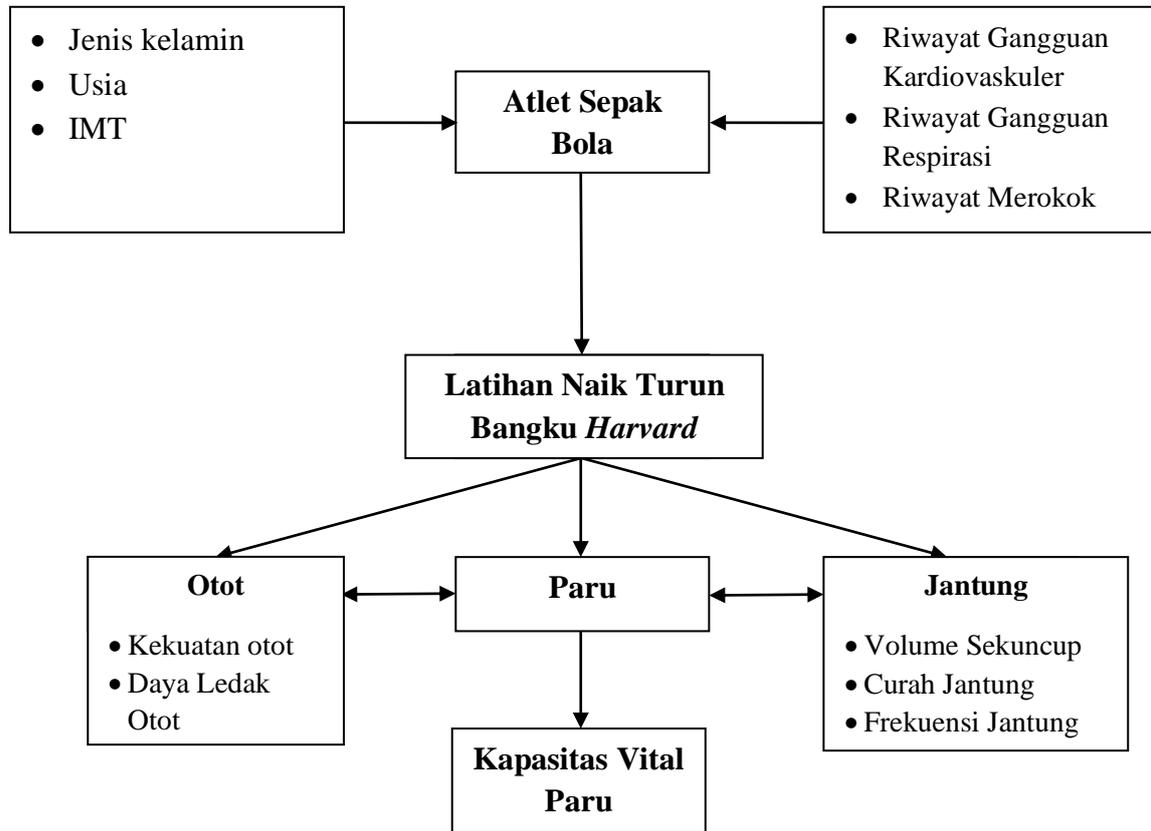
Dilaporkan suatu penelitian di Korea, tentang efek olahraga aerobik treadmill dengan intensitas yang maksimum dapat berpengaruh pada kapasitas paru ekspirasi maksimum wanita tua. Hasilnya FVC meningkat secara signifikan setelah intensitas tinggi latihan aerobik. Dengan kata lain, kapasitas vital meningkat setelah latihan aerobik intensitas tinggi.²⁹

Alveoli yang awalnya tidak aktif, karena adanya inspirasi dan ekspirasi berulang dapat meningkatkan komplians alveoli. Sehingga FVC pun akan meningkat, hasil dari alveoli yang aktif maka lebih banyak udara yang bisa masuk ke alveoli, dan peningkatan komplians alveoli dapat dikaitkan dengan peningkatan elastisitas paru dan lebih banyak pula udara yang dikeluarkan.²⁹

Latihan naik turun bangku Harvard termasuk kedalam latihan aerobik. Latihan ini jika dilakukan secara kontinu maupun berselang dapat meningkatkan konsumsi oksigen maksimal. Kesegaran kardiorespiratori paling baik ditingkatkan dengan latihan yang bersifat kontinu maupun berselang. Hal ini dapat ditinjau dari adaptasi latihan yang ditimbulkannya: (1) pada sistem kardiovaskuler. Terjadinya hipertropi otot jantung yang disebabkan karena kedua latihan adalah berbeda. Pada latihan naik turun bangku berselang menyebabkan penebalan dinding ventrikel, sedangkan naik turun bangku kontinu menyebabkan meluasnya ruang ventrikel. Dengan terjadinya penebalan otot dinding jantung, maka kontraksi

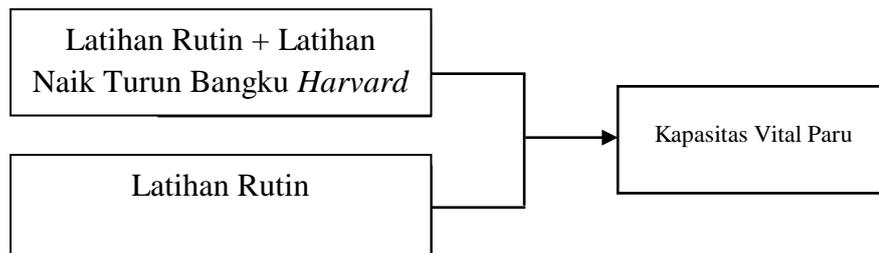
jantung, akan menjadi lebih kuat, darah yang dipancarkan lebih banyak; (2) pada sistem respirasi. Pengaruh latihan naik turun bangku berselang terhadap sistem respirasi adalah: meningkatnya frekuensi pernafasan, tidal volume, kapasitas vital paru.²⁸

2.9 Kerangka Teori



Gambar 8. Bagan kerangka teori

2.10 Kerangka Konsep



Gambar 9. Bagan kerangka konsep

2.11 Hipotesis

2.11.1 Hipotesis mayor

Aktivitas latihan naik turun bangku Harvard rutin dapat berpengaruh terhadap nilai kapasitas vital paru pada atlet sepak bola.

2.11.2 Hipotesis minor

Kapasitas vital paru atlet sepak bola yang rutin melakukan naik turun bangku Harvard lebih tinggi dibanding atlet yang tidak diberi latihan.