

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

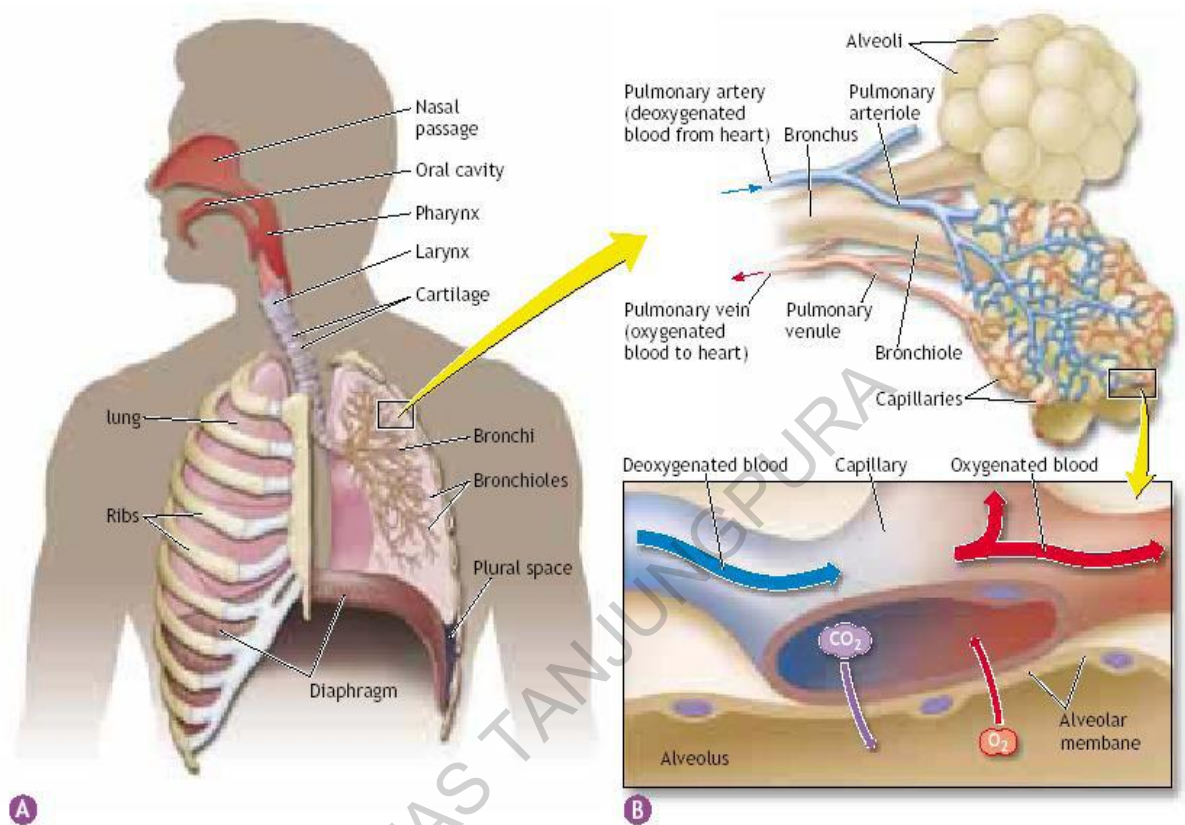
A. Sistem Pernapasan

A.1. Anatomi Sistem Pernapasan

Sistem pernafasan adalah kumpulan beberapa organ pernafasan yang terdiri dari organ pertukaran gas (paru-paru) dan sebuah pompa ventilasi paru. Pompa ventilasi ini terdiri dari dinding dada, otot-otot pernafasan, dan pusat pernafasan di otak yang mengendalikan pernafasan. Bernafas adalah suatu proses memasukkan udara ke dalam dan keluar dari paru-paru yang dilakukan oleh organ dan sistem pernafasan (Ganong, 2010).

Sistem pernafasan dibagi menjadi sistem pernafasan bagian atas dan sistem pernafasan bagian bawah. Sistem pernafasan bagian atas terdiri dari rongga hidung dan faring. Sedangkan, sistem pernafasan bagian bawah terdiri dari laring, trakea, bronkus, bronkiolus dan paru. Membran pleura dan otot-otot pernafasan yang membentuk rongga toraks seperti diafragma maupun otot interkostalis, juga merupakan bagian dari sistem pernafasan (Graff, 2001; Scanlon, 2007).

Secara fungsional, sistem pernafasan dibagi menjadi bagian konduksi dan bagian respirasi. Bagian konduksi terdiri atas rongga hidung, nasofaring, laring, trakea, bronkus, bronkiolus dan bronkiolus terminalis. Bagian konduksi mempunyai fungsi menyediakan sarana mengalirnya udara ke dan dari paru. Bagian konduksi juga berfungsi membersihkan, menghangatkan, dan melembabkan udara yang masuk. Bagian respirasi terdiri atas bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris dan alveolus. Bagian respirasi berfungsi sebagai tempat pertukaran gas antara udara yang masuk dan darah (Graff, 2001; Rhee, 2001).



Gambar 2.1 Anatomi Paru (William, 2011).

A.2. Pernapasan

Tujuan dari pernapasan adalah untuk menyediakan oksigen bagi jaringan dan membuang karbondioksida. Pernapasan dapat dibagi menjadi empat peristiwa fungsional utama, yakni: (Guyton, 2006).

- 1) Ventilasi paru yang berarti masuk dan keluarnya udara antara atmosfer dan alveoli paru
- 2) Difusi oksigen dan karbondioksida antara alveoli dan darah
- 3) Transpor oksigen
- 4) Karbondioksida dalam darah dan cairan tubuh keluar masuk sel dan pengaturan ventilasi.

A.3. Mekanika Ventilasi Paru

Ventilasi adalah perpindahan udara masuk dan keluar alveolar paru-paru. Perubahan pada ventilasi diatur secara kimia dan stimulus neurogenik. Selama berlatih atau berolahraga ventilasi paru-paru dapat mencapai 15 sampai 30 kali dibanding saat istirahat. Selama berlatih ventilasi dijadikan alat pendeteksi untuk peningkatan rata-rata metabolisme anaerobik pada atlet. Ventilasi terdiri dari fase yaitu Inspirasi (*Inhalation*) dan Ekspirasi (*Exhalation*). Inspirasi adalah pergerakan udara dari atmosfer ke dalam paru, sedangkan ekspirasi adalah pergerakan udara dari dalam paru ke atmosfer (Alsagaff, 2005; Rasyid, 2009), agar proses ventilasi dapat berjalan lancar dibutuhkan fungsi yang baik pada otot pernapasan dan elastisitas jaringan paru (Guyton, 2001).

Selama inspirasi, kontraksi diafragma menarik permukaan bawah paru ke arah bawah sedangkan selama ekspirasi, diafragma mengadakan relaksasi dan elastic recoil dinding dada dan struktur abdominal akan menekan paru. Otot-otot yang bertanggung jawab dalam terjadinya inspirasi adalah : (Guyton, 2001)

1. *M. Intercostalis eksterna*, berjalan dari iga ke iga secara miring ke arah bawah dan ke depan.
2. *M. Sternocleidomastoideus*, untuk mengangkat sternum ke atas.
3. *M. Seratus anterior*, mengangkat sebagian besar iga.
4. *M. Scalenus* yang mengangkat dua iga pertama.

Otot-otot yang menarik iga ke bawah selama ekspirasi adalah (1) *M. Rektus abdominis*, mempunyai efek tarikan ke arah bawah yang sangat kuat, dan (2) *M. Intercostalis internus* yang menurunkan ukuran depan ke belakang dan sisi ke sisi dengan meratakan iga-iga (Sherwood, 2001).

Pada saat inspirasi, pengaliran udara ke rongga pleura dan paru-paru berhenti sebentar ketika tekanan dalam paru-paru bersamaan bergerak mengelilingi atmosfer. Pada waktu penguapan, pernapasan volume sebuah paru-paru berkurang karena naiknya tekanan udara untuk memperoleh dorongan keluar pada sistem pernapasan (Syaifuddin, 2001).

Berbagai perubahan pada volume paru hanya mencerminkan satu faktor dalam menentukan ventilasi paru atau ventilasi semenit, yaitu volume udara yang dihirup dan dihembuskan dalam satu menit. faktor lain yang penting adalah kecepatan napas, dengan nilai rerata 12 kali per menit. pada volume alun napas rerata 500 ml/napas dan kecepatan pernapasan 12 kali/menit, ventilasi paru adalah 6000 ml atau 6 liter udara yang dihirup dan dihembuskan dalam satu menit pada kondisi istirahat. Untuk periode waktu yang singkat, seorang pria dewasa muda sehat dapat secara sengaja meningkatkan ventilasi paru totalnya 25 kali lipat, menjadi 150 liter/menit. untuk meningkatkan ventilasi paru, baik volume alun napas maupun kecepatan pernapasan meningkat, tetapi kedalaman bernapas menyebabkan peningkatan yang lebih besar dibandingkan dengan frekuensi bernapas. Biasanya akan lebih menguntungkan untuk meningkatkan volume alun napas dari pada kecepatan bernapas karena adanya ruang rugi anatomik (Sheerwood, 2001).

Yang paling penting dari ventilasi paru adalah perbaruan udara secara terus menerus dalam area pertukaran gas di paru, tempat udara dan darah paru saling berdekatan. Termasuk dalam area ini adalah alveoli, kantong alveolus, duktus alveolaris, dan bronkiolus respiratorius. Kecepatan udara baru yang masuk pada area ini disebut ventilasi alveolus (Guyton, 2006).

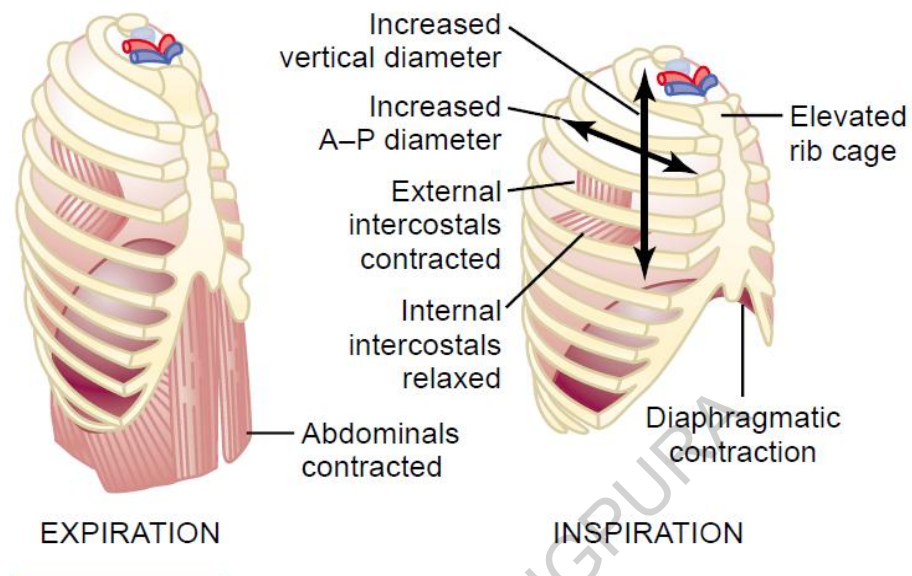
A.4. Daya Kembang Paru (*Compliance*)

Paru mempunyai kecenderungan elastis untuk *recoil* dan *compliance*. *Recoil* adalah kemampuan paru untuk mengecil, sedangkan *compliance* adalah kemampuan paru untuk mengembang. Beberapa keadaan yang dapat menyebabkan penurunan *compliance* adalah emfisema paru, fibrosis paru, dan deformitas tulang dada. Terdapat tegangan permukaan pada alveol, yaitu gaya yang menghambat pengembangan paru pada waktu inspirasi dan menimbulkan pengempisan saat ekspirasi. Untuk mencegah keadaan tersebut, epitel alveol tipe II memproduksi surfaktan, yaitu suatu zat campuran antara lemak fosfat, protein dan karbohidrat. Fungsinya adalah untuk menurunkan tegangan permukaan pada cairan alveol sehingga alveol lebih mudah mengembang pada saat inspirasi dan mencegah alveol menutup (*collaps*) pada saat ekspirasi (Alsagaff, 2005).

Nilai dimana pengembangan paru untuk setiap unit dapat meningkatkan tekanan transpulmoner, disebut *compliance*. Nilai *compliance* total normal dari kedua paru seorang dewasa rata-rata sekitar 200 ml/cm tekanan air, tetapi nilai ini bervariasi kurang lebih sebanding dengan berat badan orang yang tanpa lemak. Setiap kali tekanan transpulmoner meningkat sebanyak 1 cm (*centimeter*) air, maka terjadi pengembangan paru sebanyak 200 ml. Daya kembang paru juga tergantung pada ukuran paru. Jadi daya kembang seorang bayi lebih kecil daripada orang dewasa, dan daya kembang orang yang berbadan kecil juga berbeda dengan orang yang berbadan besar (Guyton, 2006).

Paru-paru baik pada saat ekspirasi maupun inspirasi, dapat dikembangkan dan dikontraksikan dengan dua cara, yaitu dengan gerakan turun dan naik dari diafragma untuk memperbesar atau memperkecil diafragma dan depresi dan elevasi kosta untuk meningkatkan dan menurunkan diameter anteroposterior dari rongga dada. Pada pernapasan normal dan tenang biasanya hanya memakai gerakan dari diafragma. Selama inspirasi, kontraksi dari diafragma akan menarik permukaan bawah paru ke bawah. Kemudian selama ekspirasi, diafragma akan berelaksasi dan sifat elastik daya lenting paru, dinding dada dan perut akan menekan paru-paru. Selama bernapas hebat, bagaimanapun tenaga elastik tidak cukup untuk menyebabkan ekspirasi cepat yang diperlukan, sehingga perlu kontraksi otot perut yang mendorong isi perut ke atas mendorong dasar dari diafragma (Guyton, 2006).

Mekanisme kedua untuk mengembangkan paru adalah dengan mengangkat rangka iga. Pengembangan paru ini karena pada posisi istirahat, iga miring ke bawah ke arah kolumna spinalis dan bila rangka iga dielevasikan, tulang iga dan sternum secara langsung maju menjauhi spinal membentuk jarak anteroposterior dada kurang lebih 20% lebih besar selama inspirasi maksimal daripada ekspirasi. Otot-otot yang meninggalkan iga dapat diklasifikasikan sebagai otot inspirasi dan otot yang menurunkan iga sebagai otot ekspirasi. Otot yang paling penting untuk mengangkat iga adalah *M. intercostalis eksterna* (Guyton, 2006).



Gambar 2.2 Kontraksi dan ekspirasi dari dinding dada selama inspirasi dan ekspirasi (Guyton, 2006).

Proses setelah ventilasi adalah difusi, yaitu perpindahan oksigen dari alveol ke dalam pembuluh darah dan berlaku sebaliknya untuk karbondioksida. Difusi dapat terjadi dari daerah yang bertekanan tinggi ke tekanan rendah. Gas berdifusi dari alveoli ke dalam darah kapiler paru atau sebaliknya melintasi membran alveolus – kapiler tipis yang dibentuk oleh epitel paru, endotel kapiler, dan membran basalis tipis yang menyatu (Ganong, 2008). Kapasitas difusi paru untuk suatu gas berbanding lurus dengan luas membran alveolus kapiler dan berbanding terbalik dengan tebal membran (Ganong, 2008).

Ada beberapa faktor yang berpengaruh pada difusi gas dalam paru, yaitu faktor membran, faktor darah, faktor sirkulasi dan faktor transportasi. Faktor transportasi adalah proses transportasi, yaitu perpindahan gas dari paru ke jaringan dan jaringan ke paru dengan bantuan aliran darah (Guyton, 2006).

A.5. Tekanan Selama Pernapasan

Terdapat tiga tekanan yang berbeda dalam ventilasi : (Sherwood, 2001).

1. Tekanan atmosfer (barometik) adalah tekan yang ditimbulkan oleh berat udara di atmosfer terhadap benda-benda dipermukaan bumi. Tekanan atmosfer berkurang seiring dengan penambahan ketinggian diatas permukaan laut karena kolom udara di atas permukaan bumi menurun.
2. Tekanan intra-alveolus, yang juga dikenal sebagai tekanan intrapulmonalis, adalah tekanan di dalam alveolus. Karena alveolus berhubungan dengan atmosfer melalui saluran pernapasan.
3. Tekanan intrapleura adalah tekanan di dalam kantung pleura. Tekanan ini juga dikenal sebagai tekanan intratoraks yaitu tekanan yang terjadi diluar paru di dalam rongga toraks. Tekanan intrapleura biasanya lebih kecil daripada tekanan atmosfer.

Inspirasi merupakan proses aktif kontraksi otot-otot. Inspirasi menaikkan volume intratoraks. Selama bernapas tenang, tekanan intrapleura kira-kira 2,5mmHg relatif terhadap atmosfer. Pada permulaan, inspirasi menurun sampai -6mmHg dan paru-paru ditarik ke posisi yang lebih mengembang dan tertanam dalam jalan udara sehingga menjadi sedikit negatif dan udara mengalir ke dalam paru-paru. Pada akhir inspirasi, *recoil* menarik dada kembali ke posisi ekspirasi dimana tekanan *recoil* paru-paru dan dinding dada seimbang. Tekanan dalam jalan pernapasan seimbang menjadi sedikit positif sehingga udara mengalir ke luar dari paru-paru (Syarifuddin, 2001).

Pada saat inspirasi, pengaliran udara ke rongga pleura dan paru-paru berhenti sebentar ketika tekanan dalam paru-paru bersamaan bergerak mengelilingi atmosfer. Pada waktu penguapan, pernapasan volume sebuah paru-paru berkurang karena naiknya tekanan udara untuk memperoleh dorongan keluar pada sistem pernapasan (Syarifuddin, 2001).

Selama pernapasan tenang, ekspirasi adalah pasif, dalam arti bahwa tidak ada otot-otot yang menurunkan volume unuk toraks berkontraksi. Pada permulaan ekspirasi, kontraksi ini menimbulkan kerja yang menahan kekuatan *recoil* dan melambatkan ekspirasi. Insiprasi yang kuat berusaha mengurangi tekanan

intrapleura sampai 30mmHg sehingga menimbulkan pengembangan paru-paru dengan derajat yang lebih besar. Bila ventilasi meningkat seluas deflasi maka paru-paru meningkat dengan kontraksi otot-otot pernapasan yang menurunkan volume intratoraks (Syaifuddin, 2001).

A.6. Volume Paru

Ada empat volume paru yang bila dijumlahkan sama dengan volume maksimal paru yang mengembang (Syaifuddin, 2009).

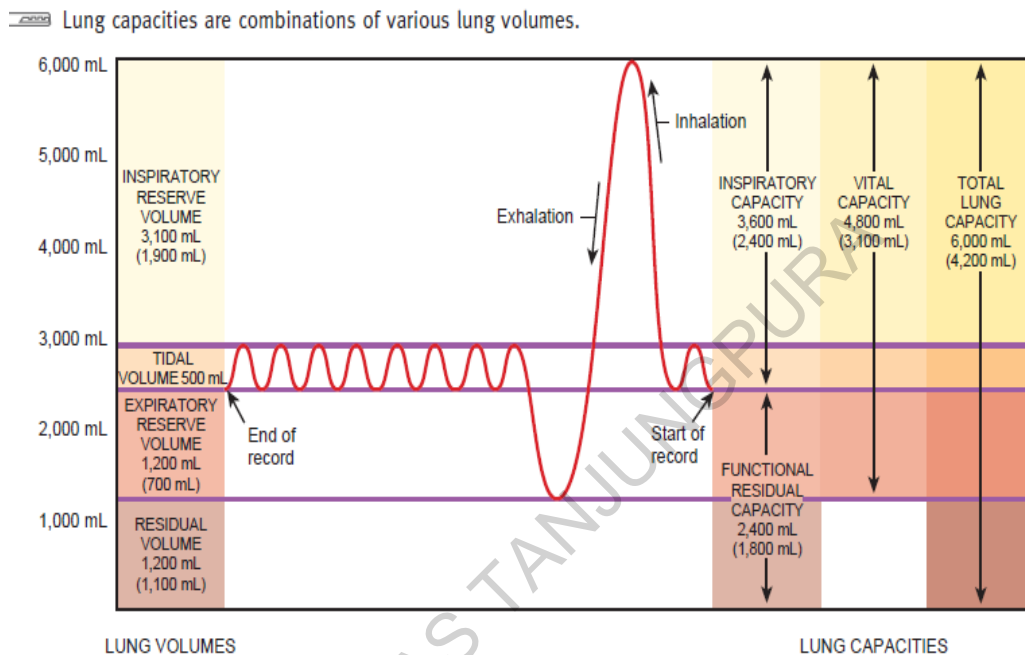
- 1) Volume Tidal (VT) : merupakan volume udara yang diinspirasi dan diekspirasikan disetiap pernapasan normal, jumlahnya ± 500 ml.
- 2) Volume Cadangan Inspirasi : merupakan volume tambahan udara yang dapat diinspirasi di atas volume tidal normal, jumlahnya ± 3000 ml.
- 3) Volume Cadangan Ekspirasi : merupakan jumlah udara yang masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi tidal yang jumlah normalnya ± 1100 ml.
- 4) Volume Sisa : volume udara yang masih tersisa di dalam paru-paru setelah ekspirasi kuat, volume ini ± 1200 ml.

A.7. Kapasitas Paru

Kapasitas paru merupakan gabungan dari beberapa volume paru dan dibagi menjadi empat bagian, yaitu: (Guyton, 2006).

- 1) *Kapasitas Inspirasi*, sama dengan volume tidal + volume cadangan inspirasi. Besarnya ± 3500 ml, dan merupakan jumlah udara yang dapat dihirup seseorang mulai pada tingkat ekspirasi normal dan mengembangkan paru sampai jumlah maksimum.
- 2) *Kapasitas Residu Fungsional*, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume residu. Besarnya ± 2300 ml, dan merupakan besarnya udara yang tersisa dalam paru pada akhir eskpirasi normal.
- 3) *Kapasitas Vital*, sama dengan volume cadangan inspirasi + volume tidal + volume cadangan ekspirasi. Besarnya ± 4600 ml, dan merupakan jumlah udara maksimal yang dapat dikeluarkan dari paru, setelah terlebih dahulu mengisi paru secara maksimal dan kemudian mengeluarkannya sebanyak-banyaknya.

- 4) *Kapasitas Paru Total*, sama dengan kapasitas vital + volume residu. Besarnya $\pm 5800\text{ml}$, adalah volume maksimal dimana paru dikembangkan sebesar mungkin dengan inspirasi paksa.



Gambar 2.3 Kapasitas dan Volume Paru (Tortora, 2009).

A.8. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi Fungsi Paru

- 1) Usia

Kekuatan otot maksimal pada usia 20-40 tahun dan akan berkurang sebanyak 20% setelah usia 40 tahun (Adriana Pusparini, 2003). Selama proses penuaan terjadi penurunan elastisitas alveoli, penebalan kelenjar bronkial, penurunan kapasitas paru dan peningkatan jumlah ruang rugi.

- 2) Jenis kelamin

Fungsi ventilasi pada paru laki-laki lebih tinggi 20-25% daripada wanita, karena ukuran anatomi paru laki-laki lebih besar dibandingkan wanita. Selain itu, aktivitas laki-laki lebih tinggi sehingga *recoil* dan *compliance* paru sudah terlatih.

3) Tinggi badan dan berat badan

Seseorang yang memiliki tubuh tinggi dan besar, fungsi ventilasi parunya lebih tinggi daripada orang yang bertubuh kecil pendek (Guyton, 2001).

4) Tinggi tempat pengukuran faal paru di atas permukaan laut

5) Suhu badan individu saat pemeriksaan

6) Olahraga dan latihan fisik

Olahraga dan latihan fisik memegang peranan besar dalam perubahan sistem sirkulasi dan pernapasan. Kedua hal tersebut berlangsung terpadu sebagai akibat dari respons homeostatis (Indriawati, 2005). Latihan fisik yang teratur akan meningkatkan performa tubuh termasuk peningkatan kekuatan otot, peningkatan pada kekuatan otot tubuh akan meningkatkan kekuatan otot pernapasan sehingga daya tahan otot pernapasan pada orang yang terlatih akan lebih besar dari orang yang tidak terlatih (Dewi, 2006). Peningkatan kekuatan otot pernapasan akan menghasilkan tekanan inspirasi yang cukup untuk melakukan ventilasi maksimum sehingga fungsi pernapasan akan meningkat (Hutapea, 2008).

7) Merokok

Selain faktor normal tersebut, terdapat pula faktor lain yang mempengaruhi besarnya nilai faal paru. Faktor tersebut adalah kebiasaan merokok dan penyakit yang diderita oleh seorang individu. Merokok akan menyebabkan penurunan faal paru oleh karena rokok menyebabkan perubahan struktur dan fungsi dari sistem pernapasan (Indriawati, 2005).

B. Fisiologi Olahraga

B.1. Olahraga

Latihan fisik atau olahraga merupakan aktifitas fisik yang teratur dalam jangka waktu dan intensitas tertentu. Olahraga bertujuan menjaga tubuh agar selalu dalam keadaan sehat dan bugar karena dalam latihan fisik tidak hanya melibatkan sistem muskuloskeletal semata namun juga mengikutsertakan sistem lain seperti sistem kardiovaskuler, sistem respirasi, sistem ekskresi, sistem saraf dan lainnya. Latihan fisik dilakukan oleh otot secara teratur, berulang dan

berkesinambungan. Latihan fisik terdiri dari aktifitas aerobik dan aktifitas anaerobik (Flora, 2012; Sukmaningtyas *et al*, 2002).

Olahraga dan latihan fisik memegang peranan besar dalam perubahan sistem sirkulasi dan pernapasan. Kedua hal tersebut berlangsung terpadu sebagai akibat dari respons homeostatis (Indriawati, 2005). Latihan fisik yang teratur akan meningkatkan performa tubuh termasuk peningkatan kekuatan otot, peningkatan pada kekuatan otot tubuh akan meningkatkan kekuatan otot pernapasan sehingga daya tahan otot pernapasan pada orang yang terlatih akan lebih besar dari orang yang tidak terlatih (Dewi, 2006).

Secara umum aktivitas yang terdapat dalam kegiatan olahraga akan terdiri dari kombinasi 2 jenis aktivitas yaitu aktivitas yang bersifat aerobik dan aktivitas yang bersifat anaerobik. Kegiatan/jenis olahraga yang bersifat ketahanan seperti jogging, marathon, triathlon dan juga bersepeda jarak jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas aerobik yang dominan sedangkan kegiatan olahraga yang membutuhkan tenaga besar dalam waktu singkat seperti angkat berat, push-up, sprint atau juga loncat jauh merupakan jenis olahraga dengan komponen aktivitas anaerobik yang dominan. Beragamnya berbagai cabang olahraga akan terdapat jenis olahraga atau juga aktifitas latihan dengan satu komponen aktivitas yang lebih dominan atau juga akan terdapat cabang olahraga yang menggunakan kombinasi antara aktivitas yang bersifat aerobik & anaerobik (Irawan, 2007).

B.2. Olahraga Anaerobik

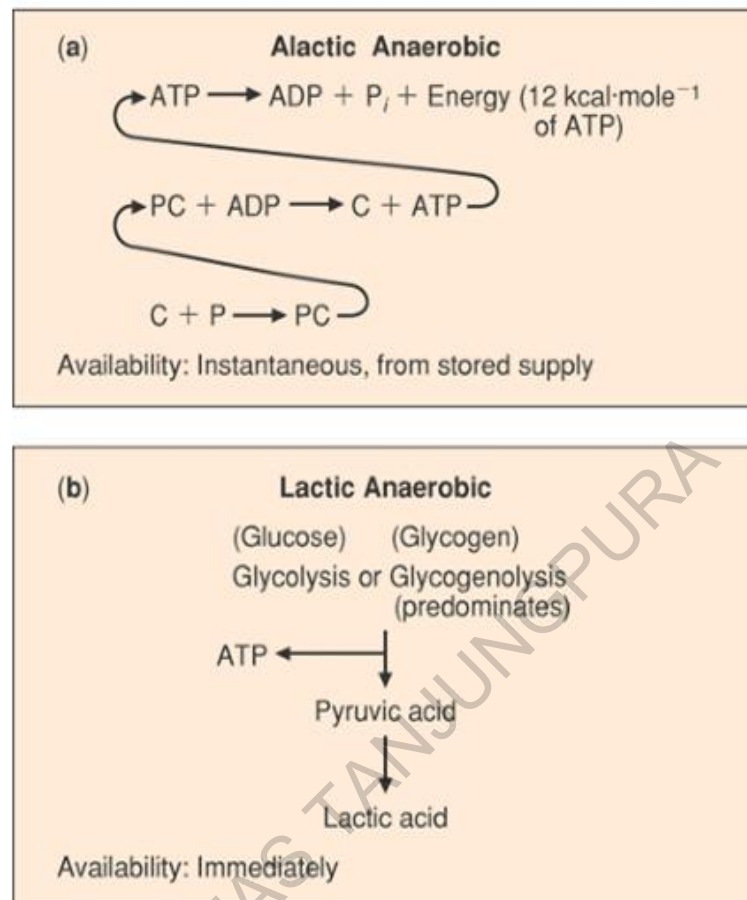
Olahraga anaerobik adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang tidak memerlukan oksigen dalam pelaksanaannya. Olahraga anaerobik membutuhkan ledakan energi yang intensif dalam durasi yang pendek tetapi tidak memerlukan konsumsi oksigen yang tinggi. Olahraga anaerobik dapat memperbaiki kecepatan dan daya tahan otot, tetapi harus berhati-hati karena ia boleh menjadi bahaya pada orang yang menderita penyakit jantung koroner (Brannon *et al*, 2007; CDC, 2011).

Latihan fisik anaerobik merupakan Latihan fisik dengan intensitas tinggi yang membutuhkan energi secara cepat dalam waktu yang singkat namun tidak dapat dilakukan secara kontinu untuk durasi waktu yang lama. Aktivitas ini biasanya juga akan membutuhkan interval istirahat agar ATP dapat diregenerasi sehingga kegiatannya dapat dilanjutkan kembali. Contoh dari kegiatan/jenis olahraga yang memiliki aktivitas anaerobik dominan adalah lari cepat (sprint), *push-up*, *body building*, gimnastik atau juga loncat jauh. Dalam beberapa jenis olahraga beregu atau juga individual akan terdapat pula gerakan-gerakan/aktivitas seperti melompat, mengoper, melempar, menendang bola, memukul bola atau juga mengejar bola dengan cepat yang bersifat anaerobik (Irawan, 2007).

Pada kegiatan olahraga dengan aktivitas yang bersifat anaerobik, energi yang akan digunakan oleh tubuh untuk melakukan aktivitas yang membutuhkan energi secara cepat ini akan diperoleh melalui hidrolisis *phosphocreatine* (PCr) serta melalui glikolisis glukosa secara anaerobik. Proses metabolisme energi secara anaerobik ini dapat berjalan tanpa kehadiran oksigen (Irawan, 2007).

Proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menghasilkan ATP dengan laju yang lebih cepat jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik. Sehingga untuk gerakan-gerakan dalam olahraga yang membutuhkan tenaga yang besar dalam waktu yang singkat, proses metabolisme energi secara anaerobik dapat menyediakan ATP dengan cepat namun hanya untuk waktu yang terbatas yaitu hanya sekitar ± 90 detik. Proses metabolisme energi secara anaerobik dapat berjalan secara cepat, namun metabolisme energi secara anaerobik ini hanya menghasilkan molekul ATP yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan metabolisme energi secara aerobik (2 ATP vs 36 ATP per 1 molekul glukosa) (Irawan, 2007).

Pada proses metabolisme secara anaerobik yang juga akan menghasilkan produk samping berupa asam laktat yang apabila terakumulasi dapat menghambat kontraksi otot dan menyebabkan rasa nyeri pada otot. Hal inilah yang menyebabkan mengapa gerakan-gerakan bertenaga saat berolahraga tidak dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang panjang dan harus diselingi dengan interval istirahat (Irawan, 2007).



Gambar 2. 4 Metabolisme Anaerobik selama Olahraga (Plowman, 2003).

B.3. Olahraga Aerobik

Olahraga aerobik adalah suatu bentuk aktivitas fisik yang melibatkan otot-otot besar dan dilakukan dalam intensitas yang cukup rendah serta dalam waktu yang cukup lama (Sherwood, 2001). Menurut *Dorland's Medical Dictionary* (2007), olahraga aerobik adalah aktivitas fisik yang dirancang untuk meningkatkan konsumsi oksigen dan meningkatkan fungsi sistem respirasi dan sistem kardiovaskular. Latihan aerobik dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan ketahanan kardiovaskular dan untuk menurunkan berat badan. Olahraga jenis ini sangat dianjurkan pada orang yang mengalami obesitas atau *overweight* (Sherwood, 2001; CDC, 2011; Cleveland Clinic, 2011). Olahraga aerobik atau yang biasa disebut latihan kardiovaskular meningkatkan fungsi kerja paru, jantung dan melancarkan sirkulasi darah, sehingga tubuh mendapatkan dan

menggunakan oksigen lebih baik untuk metabolisme sel. Oksigen berfungsi dalam pembentukan sumber energi tubuh yaitu adenosin trifosfat (ATP) dengan menggunakan siklus asam sitrat sebagai jalur metabolisme utama (Sherwood, 2001). Aktivitas fisik yang termasuk olahraga aerobik adalah jalan cepat, *jogging* atau lari-lari kecil, renang, dansa, atau bersepeda (Cleveland Clinic, 2011).

Olahraga aerobik adalah olahraga yang meningkatkan konsumsi oksigen secara dramatis dalam jangka waktu yang panjang. Karakteristik penting untuk olahraga aerobik adalah intensitas dan durasinya. Dari segi intensitas, olahraga aerobik harus meningkatkan denyutan nadi sampai ke tingkat tertentu. Intensitas untuk olahraga aerobik bervariasi sebanyak 50-80% dari denyutan jantung maksimal. Olahraga aerobik fokus pada peningkatan daya tahan kardiovaskular (Brannon *et al*, 2007).

Latihan aerobik merupakan latihan yang bergantung terhadap ketersediaan oksigen untuk membantu proses pembakaran sumber energi sehingga juga akan bergantung terhadap kerja optimal dari organ-organ tubuh seperti jantung, paru-paru dan juga pembuluh darah untuk dapat mengangkut oksigen agar proses pembakaran sumber energi dapat berjalan dengan sempurna. Aktivitas ini biasanya merupakan aktivitas olahraga dengan intensitas rendah-sedang yang dapat dilakukan secara kontinu dalam waktu yang cukup lama seperti jalan kaki, bersepeda atau juga *jogging* (Irawan, 2007).

Beberapa klasifikasi olahraga aerobik berdasarkan denyut nadi : (Dep Kes RI, 2006).

1) Tipe 1 :

Olahraga dengan naik-turunnya denyut nadi relatif stabil.

Contoh : jalan, *jogging*, lari, bersepeda.

2) Tipe 2 :

Olahraga dengan naik-turunnya denyut nadi secara bertahap

Contoh : senam, dansa, renang.

3) Tipe 3 :

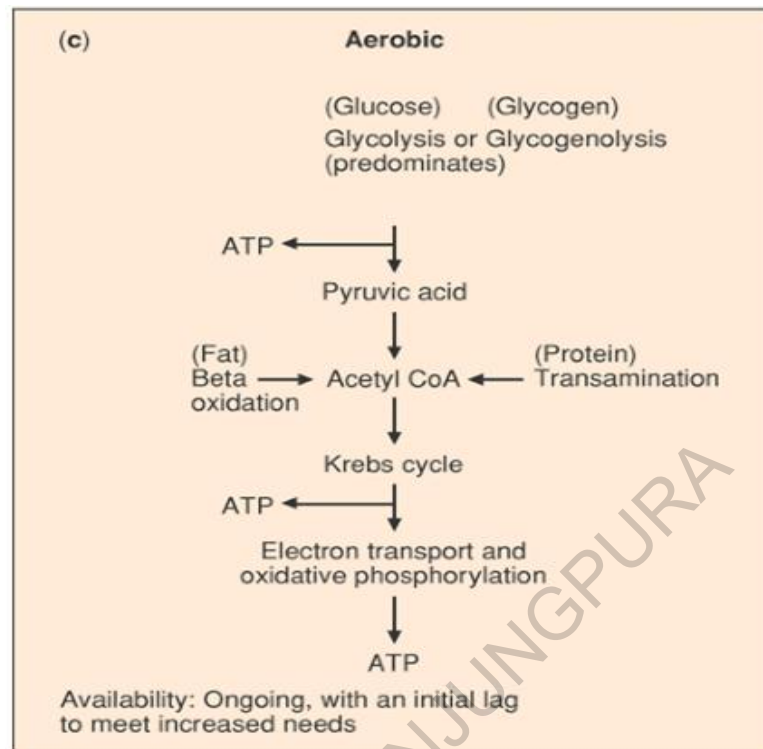
Olahraga dengan naik-turunnya denyut nadi secara mendadak. Umumnya dalam bentuk permainan.

Contoh : tenis meja.

Pada kegiatan olahraga dengan aktivitas aerobik yang dominan, metabolisme energi akan berjalan melalui pembakaran simpanan karbohidrat, lemak dan sebagian kecil ($\pm 5\%$) dari pemecahan simpanan protein yang terdapat di dalam tubuh untuk menghasilkan ATP (*adenosine triphosphate*). Proses metabolisme ketiga sumber energi ini akan berjalan dengan kehadiran oksigen (O_2) yang diperoleh melalui proses pernafasan (Irawan, 2007).

Pada jenis-jenis olahraga yang bersifat ketahanan (*endurance*) seperti lari marathon, bersepeda jarak jauh (*road cycling*) atau juga lari 10 km, produksi energi di dalam tubuh akan bergantung terhadap sistem metabolisme energi secara aerobik melalui pembakaran karbohidrat, lemak dan juga sedikit dari pemecahan protein. Atlet-atlet yang berpartisipasi dalam ajang-ajang yang bersifat ketahanan ini harus mempunyai kemampuan yang baik dalam memasok oksigen ke dalam tubuh agar proses metabolisme energi secara aerobik dapat berjalan dengan sempurna. Proses metabolisme energi secara aerobik merupakan proses metabolisme yang membutuhkan kehadiran oksigen (O_2) agar prosesnya dapat berjalan dengan sempurna untuk menghasilkan ATP. Pada saat berolahraga, kedua simpanan energi tubuh yaitu simpanan karbohidrat (glukosa darah, glikogen otot dan hati) serta simpanan lemak dalam bentuk trigeliserida akan memberikan kontribusi terhadap laju produksi energi secara aerobik di dalam tubuh. Kedua simpanan energi ini dapat memberikan jumlah kontribusi yang berbeda tergantung terhadap intensitas olahraga yang dilakukan, (Irawan, 2007).

Proses metabolisme energi secara aerobik juga dikatakan merupakan proses yang bersih karena selain akan menghasilkan energi, proses tersebut hanya akan menghasilkan produk samping berupa karbondioksida (CO_2) dan air (H_2O) (Irawan, 2007).



Gambar 2. 5 Metabolisme Aerobik selama Olahraga (Plowman, 2003).

B.4. Pengaruh Latihan Fisik/Olahraga dalam Sistem Pernapasan (Respirasi)

Faal paru dan olahraga mempunyai hubungan yang timbal balik. Gangguan faal paru dapat mempengaruhi kemampuan olahraga, sebaliknya latihan fisik yang teratur atau olahraga dapat meningkatkan faal paru. Seseorang yang aktif dalam latihan akan mempunyai kapasitas aerobik yang lebih besar dan kebugaran yang lebih tinggi serta kapasitas paru yang meningkat (Sahab, 1997).

Latihan fisik yang dilakukan secara teratur akan meningkatkan performa tubuh termasuk meningkatkan kekuatan otot. Terhadap tipe latihan jasmani yang berbeda otot juga akan menunjukkan respons yang berbeda tergantung tipe latihan, apakah latihan yang dilakukan lebih mengutamakan kekuatan atau lebih mengutamakan ketahanan. Pada latihan yang lebih mengutamakan ketahanan terjadi peningkatan kapasitas jaringan otot dalam menggunakan energi dari metabolisme aerobik sehingga terjadi peningkatan jumlah mitokondria yang mengakibatkan terjadinya pembebasan energi oleh ATP dan peningkatan

mioglobulin dalam otot yang berfungsi sebagai pembawa oksigen dalam sel otot (Kartawan, 1999).

Peningkatan dari kekuatan otot tubuh juga akan meningkatkan kekuatan otot pernapasan sehingga daya tahan otot pernapasan pada orang terlatih akan lebih besar dari orang yang tidak terlatih (Dewi, 2006). Peningkatan kekuatan otot pernapasan akan menghasilkan tekanan inspirasi yang cukup untuk melakukan ventilasi yang maksimum sehingga fungsi pernapasan akan meningkat (Yunus, 1997).

Kapasitas paru dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang menjalankan olahraga. Berolahraga dapat meningkatkan aliran udara darah melalui paru sehingga banyak menyebabkan semua kapiler paru mendapatkan perfusi maksimum. Hal ini menyebabkan oksigen dapat berdifusi kedalam kapiler paru dengan volume yang lebih besar atau maksimum. Olahraga mempunyai sepuluh unsur pokok kesegaran jasmani salah satu unsur tersebut adalah fungsi pernapasan. Olahraga sebaiknya dilakukan minimal tiga kali seminggu (Guyton, 2006).

Latihan fisik akan mempengaruhi konsumsi oksigen dan produksi karbondioksida. Kadar oksigen dalam jumlah yang besar akan terdifusi dari alveoli ke dalam darah vena kembali ke paru-paru. Kadar karbondioksida yang sama juga banyak masuk dari darah ke dalam alveoli, sehingga ventilasi akan meningkat untuk mempertahankan konsentrasi gas alveolar yang tepat untuk memungkinkan peningkatan pertukaran oksigen dan karbondioksida. (William, 2005).

Permulaan aktivitas fisik ini disertai dengan peningkatan dua tahap ventilasi. Hampir segera dapat terlihat peningkatan pada inspirasi dan kenaikan bertahap pada kedalaman dan tingkat pernapasan. Kedua tahap penyesuaian menunjukkan bahwa kenaikan awal dalam ventilasi diproduksi oleh mekanisme gerakan tubuh setelah latihan dimulai, namun sebelum rangsangan secara kimia, korteks motor menjadi lebih aktif dan mengirimkan impuls stimulasi ke pusat inspirasi, yang akan merespon dengan meningkatkan respirasi juga. Secara umpan balik proprioseptif dari otot rangka dan sendi aktif memberikan masukan

tambahan tentang gerakan ini dan pusat pernapasan dapat menyesuaikan kegiatan itu berdasarkan kesesuaiannya (Guyton, 2006).

Tahap kedua lebih bertahap dengan kenaikan respirasi yang dihasilkan oleh perubahan status suhu dan kimia dari darah arteri. Selama latihan berlangsung, peningkatan proses metabolisme pada otot menghasilkan lebih banyak panas, karbondioksida dan ion hidrogen. Semua faktor ini meningkatkan penggunaan oksigen dalam otot, yang meningkatkan oksigen arteri juga, sehingga lebih banyak karbondioksida memasuki darah, meningkatkan kadar karbondioksida dan ion hidrogen dalam darah. Hal ini akan dirasakan oleh kemoreseptor, yang sebaliknya merangsang pusat inspirasi, dimana terjadi peningkatan dan kedalaman pernapasan. Beberapa peneliti telah menyarankan bahwa kemoreseptor dalam otot juga mungkin terlibat yaitu dengan meningkatkan ventilasi dengan meningkatkan volume tidal (Willmore, 2005)

Walaupun sistem kardiovaskular begitu efisien dengan menyuplai jumlah darah yang cukup ke jaringan, daya tahan akan masih terhalang jika sistem pernapasan tidak membawa oksigen yang cukup untuk memenuhi permintaan. Fungsi sistem pernapasan biasanya tidak terbatas karena ventilasi dapat ditingkatkan ke tingkat yang lebih besar daripada fungsi kardiovaskular. Melainkan sistem kardiovaskuler dan sistem lain, sistem respirasi juga mengalami adaptasi khusus untuk ketahanan pelatihan untuk memaksimalkan efisiensi. Adaptasi ini meliputi, peningkatan ventilasi dengan peningkatan dalam pengambilan oksigen maksimal dengan minimum empat minggu pelatihan (William, 2005).

Kapasitas Vital Paru (KVP) dapat dipengaruhi oleh kebiasaan seseorang melakukan olahraga. Olahraga dapat meningkatkan aliran darah melalui paru-paru sehingga menyebabkan oksigen dapat berdifusi ke dalam kapiler paru dengan volume yang lebih besar atau maksimum. Kapasitas vital pada seorang atlet lebih besar daripada orang yang tidak pernah berolahraga, kebiasaan olah raga akan meningkatkan kapasitas paru dan akan meningkat 30-40% (Guyton, 2006).

Peningkatan fungsi paru disebabkan oleh inspirasi dan ekspirasi kuat yang dilakukan secara reguler untuk jangka waktu yang lama menyebabkan penguatan

otot-otot pernapasan. Baik otot volunter dan involunter. Hal ini membantu paru-paru untuk mengembang dan mengempis secara maksimal. Daya kembang kempis paru maksimal ini merupakan stimulus fisiologis yang penting dalam pelepasan cairan surfaktan paru dan prostaglandin ke ruang alveolar sehingga meningkatkan daya kembang paru dan penurunan tonus otot polos bronkus (Hulke *et al*, 2012).

C. Uji Fungsi Paru

Spirometri adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur aliran udara kedalam dan keluar dari paru. Spirometri dapat membantuk untuk mendeteksi berbagai penyakit yang mengganggu fungsi paru. Antaranya adalah asma, *chronic obstructive pulmonary disease (COPD)*, *emphysema*, dan kelainan kronik paru yang lain. Jika nilai spirometri menunjukkan nilai dibawah batas normal, maka dapat dipastikan adanya kelainan fungsional paru. Prosedur spirometri dapat dilakukan dengan cepat tanpa menyebabkan nyeri (Blonshine, 2000).

Cara penggunaan spirometer cukup mudah yaitu seseorang disuruh bernafas (menarik nafas dan menghembuskan nafas) di mana hidung orang itu ditutup. Dari perbedaaan tekanan udara yang diberikan seseorang ketika bernafas menyebabkan tabung yang berisi udara akan bergerak naik turun, sementara itu drum pencatat bergerak memutar (sesuai jarum jam) sehingga alat akan mencatat grafik pernapasan (sinyal respirasi) sesuai dengan gerak tabung yang berisi udara. (Mawi *et al*, 2005).

Tes ini menghasilkan rekaman ventilasi responden dalam kondisi yang melibatkan usaha normal dan maksimal. Rekaman yang diperoleh disebut *spirogram* yang akan menunjukkan volume udara serta tingkat aliran udara yang memasuki dan keluar dari paru. Spirometri dapat menghitung beberapa kapasitas paru. Akurasi pengukuran tergantung pada betapa benar responden melakukan maneuver ini. Pengukuran yang paling umum diukur melalui spirometri adalah : (Blonshine, 2000).

1. *Vital Capacity (VC)* adalah jumlah udara (dalam liter) yang keluar dari paru sewaktu pernapasan yang normal. Responden diinstruksi untuk menginhulasi dan mengekspirasi secara normal untuk mendapat ekspirasi yang maksimal.

Nilai normal biasanya 80% dari jumlah total paru. Akibat dari elastisitas paru dan keadaan toraks, jumlah udara yang kecil akan tersisa didalam paru selepas ekspirasi maksimal. Volume ini disebut *residual volume (RV)*. (Guyton, 2006)

2. *Forced vital capacity (FVC)*. Setelah mengekspirasi secara maksimal, responden disuruh menginspirasi dengan usaha maksimal dan mengekspirasi secara kuat dan cepat. FVC adalah volume udara yang diekspirasi kedalam spirometri dengan usaha inhalasi yang maksimum. (Ganong, 2005)
3. *Forced expiratory volume (FEV)*. Pada awalnya maneuver FVC diukur dengan volume udara keluar ke dalam spirometri dengan interval 0.5, 1.0, 2.0, dan 3.0 detik. Jumlah dari semua nilai itu memberikan ukuran sebanyak 97% dari FVC. Secara umum, FEV-1 digunakan lebih banyak yaitu volume udara yang diekspirasi kedalam spirometri pada 1 saat. Nilai normalnya adalah 70% dari FVC. (Ganong, 2005)
4. *Maximal voluntary ventilation (MVV)*. Responden akan bernapas sedalam dan secepat mungkin selama 15 detik. Rerata volume udara (dalam liter) menunjukkan kekuatan otot respiratori (Guyton, 2006).

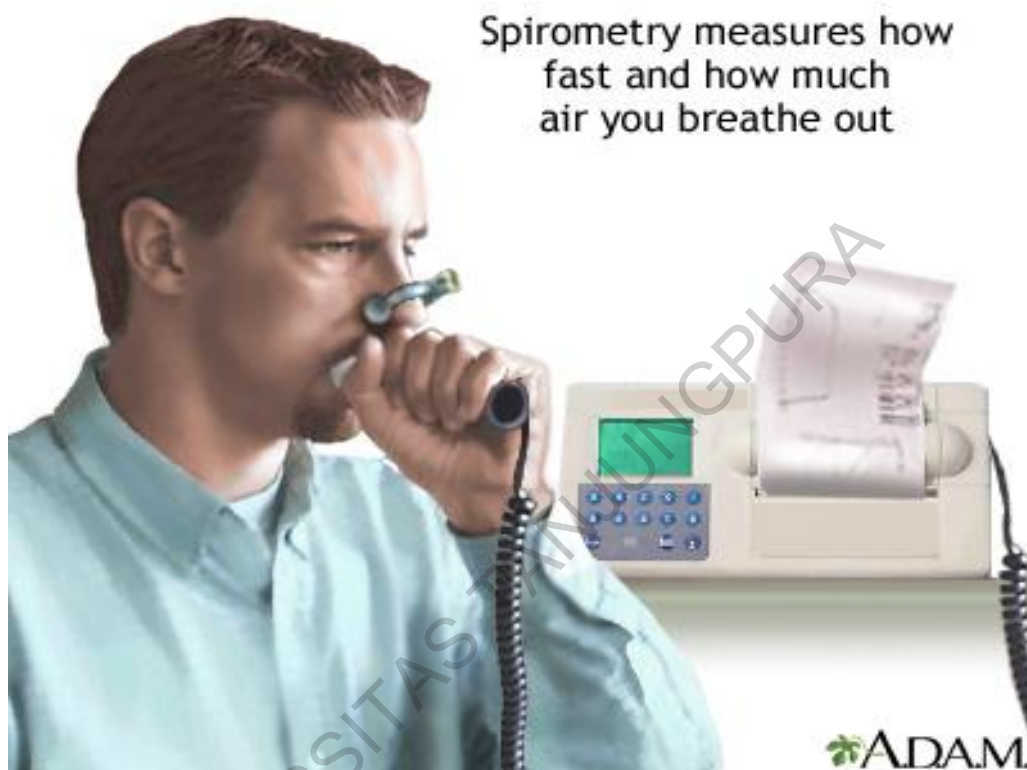
Semua nilai normal pengukuran yang dilakukan melalui spirometri sangat tergantung pada umur, kelamin, berat badan, tinggi dan ras (Braunwald, 2001).

Prosedur pemeriksaan spirometri adalah sebagai berikut:

1. Siapkan alat dan kalibrasi harus dilakukan sebelum pemeriksaan.
2. Kondisi pasien dalam keadaan sehat.
3. Beri petunjuk dan demonstrasikan manuver, yaitu pernapasan dalam dihembuskan melalui mulut tanpa ada udara lewat hidung, dan celah bibir mengatup pada mouth pieces.
4. Atur spirometer untuk mengukur nilai KVP dan FEV1.
5. Lakukan pernapasan biasa sebanyak tiga kali dengan menghisap sekuat dan sebanyak mungkin lalu dihembuskan sekuat – kuatnya.
6. Diambil nilai terbaik dari ketiga pengambilan tersebut.

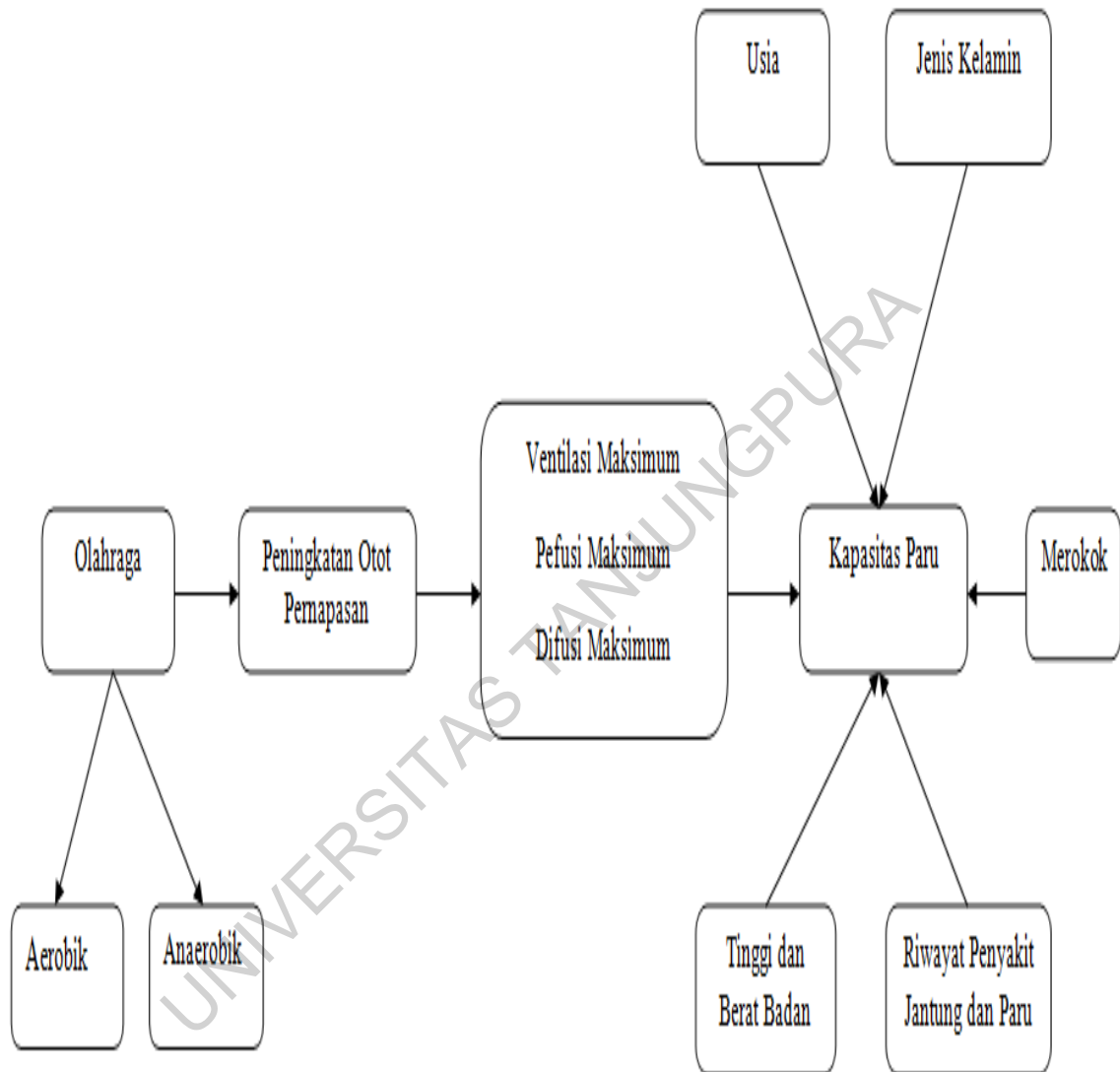
Pengukuran kapasitas vital paru digunakan sebagai indeks fungsi paru yang memberikan informasi mengenai kekuatan otot napas (Ganong, 2008).

Pengukuran FEV1 dapat memberikan informasi tentang laju aliran udara maksimal yang dapat terjadi di dalam paru (Sherwood, 2001).

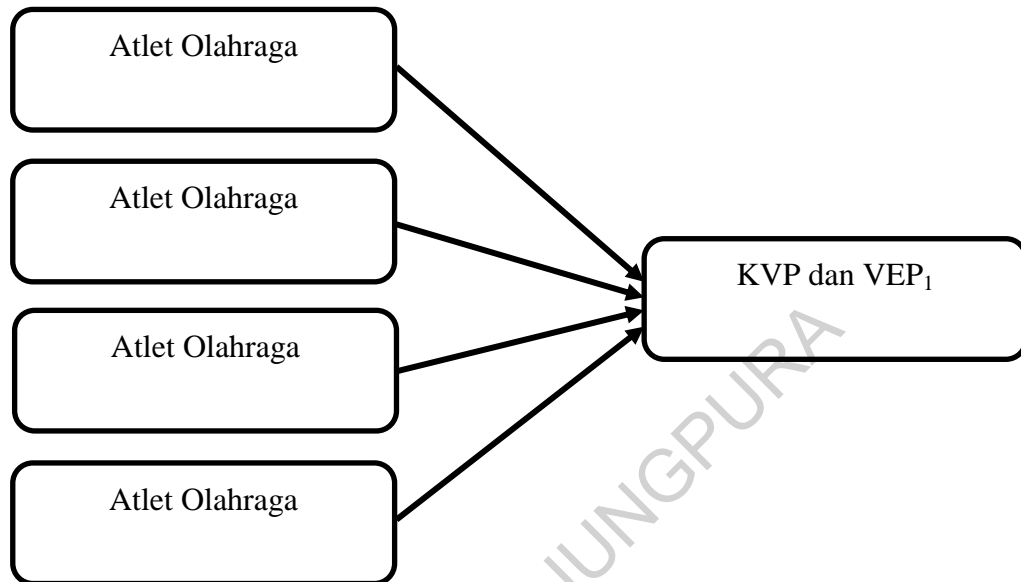


2.6 Alat Spirometer digital portabel (Paula, 2013).

D. Kerangka Teori



E. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep.

UNIVERSITAS TANJUNGPURA