

EFEK OBSTRUKSI PADA SALURAN PERNAPASAN TERHADAP DAYA KEMBANG PARU

Saminan

Abstrak. Paru dapat mengembang dan mengempis dengan terjadi pertukaran gas yaitu inspirasi pengambilan oksigen (O_2) dan ekspirasi pengeluaran karbondioksida (CO_2) melalui saluran pernapasan, jika terjadi peningkatan produksi sputum dan viskositas yang sulit untuk dibersihkan (obstruksi), juga akibat penyempitan saluran udara sehingga daya kembang paru terganggu. Tujuan penulisan efek obstruksi saluran pernapasan terhadap daya kembang paru supaya dapat memahami di saluran pernapasan mudah mengalami gangguan pembengkakan dan penyempitan sehingga berefek tidak kuat melakukan ekspirasi paksa, bila lama tidak sembuh maka mudah terjadi penyakit paru obstruksi (PPOK). Mendiagnosis daya kembang paru berdasarkan kapasitas vital paksa dan volume udara ekspirasi paksa adalah metode yang sangat membantu untuk memeriksa fungsi saluran pernapasan dengan pengukuran spirometri, pada orang normal tidak obstruksi nilai ukur Forced Expiratory Volume In One Second (FEV_1) mencapai $\geq 75\%$, bila ada obstruksi $\leq 75\%$. (JKS 2016; 1: 34-39)

Kata Kunci: Saluran Pernapasan, Obstruksi

Abstract. Lungs can inflate and deflate with the exchange of gas, the inspiration of oxygen (O_2) and the expiration of carbon dioxide (CO_2) through the respiratory tract. If the production of sputum and viscosity increases which is difficult to clean (obstruction) and the airways narrows, it can hinder the expandability of lung. The purpose of writing the effects of airway obstruction on the expandability of lung is to understand that the respiratory tract is easily swelling and narrowing, resulting in one's inability to perform forced expiratory. If not immediately treated, chronic obstructive pulmonary disease (COPD) may develop. Diagnosing the expandability of lung based on forced vital capacity and forced expiratory of air volume is a very helpful method to check the function of the respiratory tract using spirometry measurements. In normal people who are not obstructed, the value of Forced expiratory volume in One Second (Fev1) is $> 75\%$, while in those who are, the value is $< 75\%$.

(JKS 2016; 1: 34-39)

Keywords: Respiratory, Obstruction

Pendahuluan

Sistem pernapasan atau respirasi adalah proses pengambilan oksigen (O_2) dari udara bebas saat menarik napas. O_2 tersebut kemudian melewati saluran napas (bronkus) dan sampai ke dinding alveoli (kantong udara). Sesampainya di kantong udara, O_2 akan ditransfer ke pembuluh darah yang didalamnya mengalir sel-sel darah merah untuk dibawa ke sel-sel di berbagai organ tubuh lain sebagai energi dalam proses metabolisme. Setelah metabolisme, sisa-sisa metabolisme, terutama karb¹ondioksida (CO_2) akan dibawa darah untuk dibuang kembali ke udara bebas melalui paru-paru pada saat membuang napas.^{1,10}

Saluran-saluran udara yang dilalui oleh oksigen dan karbon dioksida, bukanlah sekadar terowongan lalu lintas udara. Saluran-saluran tersebut juga berperan sebagai salah satu *front* terdepan mekanisme pertahanan tubuh. Paru-paru memiliki permukaan yang terekspos pada dunia luar, yang wilayahnya jauh lebih luas dibanding bagian tubuh yang lain, termasuk kulit. Sehingga saluran pernapasan juga harus berfungsi mengusir kotoran, debu, tungau, dan bakteri dari benda-benda asing yang merugikan lainnya.^{2,7}

Mantel lender yang sudah mengental (dahak) di saluran napas maka akan mengalami hambatan aliran udara keluar (obstruksi jalan napas) yang mencakup semua penyakit saluran nafas yang bercirikan penyumbatan (obstruksi)

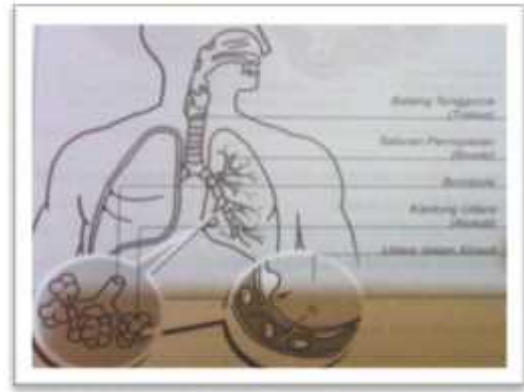
Saminan adalah Dosen Bagian Ilmu Fisiologi
Fakultas Kedokteran Universitas Syiah Kuala
Banda Aceh

bronki disertai pengembangan mukosa (uden) dan sekresi dahak (Spuntum) berlebihan.^{3,8} Selama bernapas biasa, sebagian kerja yang dihasilkan oleh otot-otot respirasi digunakan untuk mengembangkan paru. Sebagian kecil, beberapa persen dari total *work* digunakan untuk mengatasi *airway resistance*. Tetapi pada pernapasan yang sangat berat, bila udara harus mengalir melalui saluran napas dengan kecepatan yang sangat tinggi proporsi kerja yang lebih besar digunakan untuk mengatasi *airway resistance*. Pada penyakit paru, semua kerja yang berbeda-beda ini sering secara cepat bertambah. *Compliance work* dan *tissue resistance work* akan dinaikkan oleh penyakit-penyakit yang menyebabkan fibrosis paru, sedangkan *airway resistance work* akan bertambah oleh penyakit-penyakit yang menyebabkan makin sempitnya saluran napas.^{2,4}

Anatomi Saluran Pernapasan

Saluran pernapasan dari hidung sampai bronkiolus dilapisi oleh membran mukosa bersilia. Ketika masuk rongga hidung, udara disaring, dihangatkan, dan dilembapkan. Ketiga proses ini merupakan fungsi utama dari mukosa respirasi yang terdiri dari epitel toraks bertingkat, bersilia, dan ber sel goblet. Permukaan epitel dilapisi oleh lapisan mucus yang disekresi oleh sel goblet dan kelenjar mukosa. Partikel debu yang kasar disaring oleh rambut-rambut yang terdapat dalam lubang hidung, sedangkan partikel yang halus akan terjatoh dalam lapisan mucus. Gerakan silia mendorong lapisan mucus ke posterior didalam rongga hidung, dan ke superior di dalam system pernapasan bagian bawah menuju faring. Dari sini partikel halus akan tertelan atau dibatukkan keluar. Lapisan mucus memberikan air untuk kelembaban, dan banyaknya jaringan pembuluh darah dibawahnya akan menyuplai panas ke udara inspirasi. Jadi udara inspirasi telah disesuaikan sedemikian rupa sehingga udara yang mencapai faring hamper bebas debu, bersuhu mendekati suhu tubuh, dan kelembabannya mencapai 100 persen.^{5,6}

Saluran pernapasan atau *tractus respiratorius* adalah bagian tubuh manusia yang berfungsi sebagai tempat lintasan dan tempat pertukaran gas yang diperlukan untuk proses pernapasan. Saluran pernapasan terdiri dari hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus.^{6,10}



Gambar. Saluran Pernapasan Yang Normal dan Proses Bernapas

Udara mengalir ke dalam paru-paru melalui batang tenggorok (Trakea). Udara tersebut kemudian melewati cabang-cabang saluran udara yang disebut bronki, menuju sebaran ranting-ranting udara (bronkiol) hingga ke jutaan kantong udara kecil-kecil yang disebut alveoli.^{6,7}

Pada trakea dan bronkus yang tidak ditempati lembaran tulang rawan, dindingnya ditempati oleh otot polos. Dinding bronkiolus hampir semuanya terdiri dari otot polos, dengan perkecualian pada bronkiolus yang saling terminal disebut bronkiolus respiratorius yang hanya mempunyai beberapa serabut otot polos. Banyak penyakit obstruktif paru yang menimbulkan penyempitan bronkiolus.^{5,8}

Proses Pernapasan

Proses pernapasan meliputi dua proses, yaitu menarik napas atau inspirasi, serta mengeluarkan napas atau ekspirasi. Sewaktu menarik napas, otot diafragma berkontraksi dari posisi melengkung ke atas menjadi lurus. Bersama dengan itu, otot-otot tulang rusukpun berkontraksi. Akibat berkontraksi kedua otot tersebut rongga dada mengembang sehingga tekanan dalam rongga dada berkurang dan udara masuk. Saat manusia mengeluarkan napas, otot diafragma dan otot-otot tulang rusuk melemas. Akibatnya, rongga dada mengecil dan tekanan udara keluar, jadi udara mengalir dari tempat yang bertekanan besar ke tempat yang bertekanan lebih kecil.^{1,4,9}

Berdasarkan organ yang terlibat dalam peristiwa inspirasi dan ekspirasi, pernapasan dibagi menjadi dua,^{9,10} yaitu:

a. Pernapasan Dada

Pernapasan dada terjadi karena otot antar tulang rusuk berkontraksi sehingga rusuk terangkat, akibatnya volume rongga dada membesar. Pengembangan rongga dada membuat tekanan dalam rongga dada mengecil dan paru-paru mengembang. Pada saat paru-paru mengembang tekanan udara diluar lebih besar daripada didalam paru-paru, akibatnya udara masuk. Sebaliknya saat otot antar tulang rusuk berelaksasi tulang rusuk turun, akibatnya volume rongga dada mengecil, sehingga tekanan didalamnya membesar pada keadaan ini paru-paru mengempis sehingga udara keluar.

b. Pernapasan Perut

Pernapasan perut terjadi karena gerakan diafragma, jika otot diafragma berkonstruksi rongga dada membesar dan paru-paru mengembang. Akibatnya, udara masuk kedalam paru-paru, saat otot diafragma relaksasi diafragma kembali kekeadaan semula, rongga dada menyempit mendorong paru-paru mengempis, sehingga udara dari paru-paru akan keluar.

Volume Dan Kapasitas Paru

Ada empat volume paru utama dan 4 kapasitas paru utama yang merupakan penjumlahan 2 atau lebih volume paru adalah sebagai berikut:

a. Volume Paru

1. Volume tidal (VT) yaitu jumlah udara yang masuk ke dalam dan ke luar dari paru pada pernapasan biasa. Pada orang normal dengan berat badan 70 kg dalam keadaan istirahat biasanya mempunyai VT sebesar 500 ml.
2. Volume cadangan inspirasi (VCI) yaitu jumlah udara yang masih dapat masuk ke dalam paru pada saat inspirasi maksimal setelah inspirasi biasa. Pada orang dewasa dengan berat badan 70 kg besarnya sekitar 3 liter.
3. Volume cadangan ekspirasi (VCE) yaitu jumlah udara yang dikeluarkan secara aktif dari dalam paru setelah ekspirasi biasa. Pada orang dewasa dengan berat 70 kg besarnya sekitar 1,5 liter.
4. Volume residu (VR) yaitu jumlah udara yang tersisa dalam paru setelah ekspirasi maksimal. Pada orang dewasa dengan berat badan 70 kg besarnya 1 liter.

b. Kapasitas Paru

1. Kapasitas paru total (KPT) yaitu jumlah total udara dalam paru setelah inspirasi maksimal atau merupakan penjumlahan keempat volume utama paru. Pada orang dewasa dengan berat badan 70 kg besarnya sekitar 6 liter.
2. Kapasitas vital (KV) yaitu jumlah udara yang dapat diekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal atau merupakan penjumlahan VT, VCI, dan VCE. Pada orang dewasa normal dengan berat badan 70 kg besarnya sekitar 5 liter.
3. Kapasitas inspirasi (KI) yaitu jumlah udara maksimal yang dapat masuk ke dalam paru setelah akhir ekspirasi biasa atau merupakan penjumlahan VT dan VCI. Pada orang dewasa normal dengan berat badan 70 kg besarnya sekitar 4 liter.
4. Kapasitas residu fungsional (KRF) yaitu jumlah udara dalam paru pada akhir ekspirasi biasa atau merupakan penjumlahan VCE dan VR. Pada orang dewasa normal dengan berat badan 70 kg besarnya sekitar 2,5 liter.

Nilai normal untuk setiap volume dan kapasitas paru sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh usia, tinggi badan, jenis kelamin, suku, berat badan dan bentuk tubuh.^{1,4,10}

Obstruksi Pada Jalan Pernapasan

a. Dahak

Dahak atau sputum ialah materi yang diekspetorasi dari saluran napas bawah oleh batuk, yang tercampur bersama ludah. Sekresi bronkus yang normal tak cukup banyak untuk diekspetorasi, biasanya di alirkan ke laring oleh aksi silia lalu ditelan. Dalam keadaan normal, saluran pernapasan membentuk sekitar 100 ml secret seharinya. Pada keadaan sakit seperti pada pasien asma dan bronchitis, produksi dahak bertambah, begitu pula kekentalan meningkat sehingga sukar dikeluarkan.^{11,12}

Dahak bronki terdiri dari larutan dalam air suatu persenyawaan kompleks mucopolisakarida dan glikoprotein, yang saling terikat melalui jembatan sulfur. Kekentalan dan keliatan dahak tergantung pada jumlah air dan jembatan-S tersebut. Pengeluaran dahak dapat dipersulit oleh terganggunya fungsi bulu getar (silia) atau

karena pengeringan dan peningkatan viskositasnya.^{3,12}

Pada penderita *chronic obstructive pulmonary disease* (COPD) terdapat hiperreaktivitas bronki (HBR) adalah meningkatnya kepekaan bronki, dibandingkan saluran napas normal, terhadap zat-zat yang merangsang tak-spesifik yang dihirup dari udara.¹³

Penyakit saluran napas kronik diakibatkan kelainan reversible dan ireversibel pada bronkus sehingga terjadi pembatasan aliran udara kronik dan ditandai obstruksi pada fungsi paru. Fungsi paru obstruktif ditandai dengan berkurangnya kapasitas vital atau *vital capacity* (VC), berkurangnya rasio volume ekspirasi paksa dalam 1 detik pertama atau *forced expired volume in one second* (FEV₁) per VC dan berkurangnya aliran ekspirasi puncak atau *peak expiratory flow rate* (PEFR). Fungsi paru obstruktif dapat terjadi pada bronchitis kronik dan emfisema serta asma.¹⁰

b. Batuk

Berbagai faktor dan keadaan dapat menimbulkan batuk, faktor tersebut bisa berasal dari luar maupun dari dalam tubuh. Inhalasi zat tertentu, populasi udara dan penutupan oleh lendir adalah beberapa keadaan yang dapat menimbulkan batuk. Batuk lebih mudah terjadi pada orang yang mempunyai kelainan saluran napas, seperti radang tenggorok, asma bronkial dan infeksi paru.^{5,13}

Bronkus dan trakea begitu peka terhadap sentuhan ringan, sehingga bila ada benda asing yang berlebihan atau penyebab lain apapun yang bersifat iritatif akan menginisiasi timbulnya reflek batuk. Laring dan karina (bagian trakea yang bercabang menjadi dua bronkus) merupakan bagian khusus yang sangat peka terhadap rangsang semacam ini, sementara bronkiolus terminalis dan alveolus adalah bagian yang sangat peka terhadap rangsangan kimia yang bersifat korosif seperti gas sulfur dioksida dan klorin.^{5,12,13}

Obstruksi jalan napas akibat tertimbun dahak yang berlebihan sehingga tubuh mengeluarkan dahak batuk. Menjelaskan *Cronic Aspesifik Respiratory Affections* (CARA) mencakup semua penyakit saluran pernapasan yang bercirikan penyumbatan (obstruksi) bronki disertai pengembangan mukosa (udema) dan sekresi dahak (sputum) berlebihan.^{3,12,13}

Penilaian Fungsi Sistem Pernapasan

Pemeriksaan spirometri merupakan sebagian dari pemeriksaan faal paru, yaitu pemeriksaan terhadap fungsi ventilasi. Untuk pemeriksaan ini digunakan alat spirometer yang mengukur arus udara dalam satuan isi dan waktu. Spirometer dapat mencatat nilai pada waktu inspirasi dan ekspirasi, yang lebih umum pencatatan pada waktu ekspirasi.^{14, 15}

Pemeriksaan faal paru dengan spirometri dapat menentukan derajat penyempitan saluran nafas. Pasien harus melakukan manuver sederhana dengan menarik napas semaksimal mungkin kemudian mengeluarkan udara ekspirasi secepat mungkin ke dalam tabung spirometer, sehingga dapat menggambarkan fungsi saluran napas yang menampilkan FEV₁, parameter ini sering dipakai sebagai pengukuran tunggal terbaik untuk fungsi paru.^{15,16}

Nilai kapasitas vital paru berdasarkan umur, tinggi badan dan jenis kelamin penting diketahui untuk menentukan kondisi ventilasi paru, biasanya perlu ditentukan pula besarnya nilai kemampuan ekspirasi paksa pada satu detik pertama (FEV₁), dengan dua data tersebut dapat ditentukan jenis dan tingkat gangguan ventilasi paru.^{14,15}

Adanya suatu obstruksi dari jalan pernapasan biasanya diketahui dari pemeriksaan ekspirasi yang kuat dan cepat melalui spirometer yang dikenal dengan nama Tiffeneau test. Hasil dari pemeriksaan ini biasanya dinyatakan dalam satu waktu tertentu yaitu 1 detik yang disebut volume ekspirasi maksimal 1 detik (*Forced Ekspiratory Volume 1 Sec – FEV₁*). Pada orang normal tidak obstruksi pada jalan pernapasan FEV₁ ini biasanya mencapai $\geq 75\%$ dari besarnya kapasitas vital, bila ada obstruksi dari jalan pernapasan menghasilkan angka FEV₁ lebih rendah.^{14,15}

Uji fungsi paru terbagi atas dua kategori, yaitu uji yang berhubungan dengan ventilasi paru dan dinding dada, serta uji yang berhubungan dengan pertukaran gas. Uji fungsi ventilasi termasuk pengukuran volume paru-paru dalam keadaan statis atau dinamis. Uji fungsi paru ini dapat memberikan informasi yang berharga mengenai keadaan paru, walaupun tidak ada uji fungsi paru yang dapat mengukur semua kemungkinan yang ada. Metode sederhana untuk meneliti ventilasi paru adalah merekam volume pergerakan udara yang masuk dan keluar dari paru, dengan proses yang

dinamakan *spirometri*, dengan menggunakan spirometer. Dari spirometri didapatkan dua istilah yaitu volume dan kapasitas paru.^{14,15,16}

Volume dan kapasitas pernapasan merupakan gambaran fungsi ventilasi system pernapasan. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas pernapasan dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan fungsi ventilasi pada seseorang.^{1,4,14}

Cara yang dilakukan untuk mengukur kapasitas vital paru yaitu dengan menggunakan spirometer. Untuk melakukan pengukuran kapasitas vital paru pertama-tama subjek harus meniup udara sebanyak-banyaknya sampai subjek tidak lagi mampu menarik napas, kemudian subjek disuruh mengeluarkan napas ke dalam spirometer melalui mulut piece secepat-cepatnya dengan usaha yang maksimum. Dengan adanya dahak kemungkinan besar akan berpengaruh pada kemampuan system pernapasan dalam hal pengambilan dan pengeluaran udara, hal ini dapat diuji melalui pengukuran kapasitas paru.¹³

Fungsi paru menurun diklasifikasi menjadi 2 yaitu restriktif dan obstruktif. Restriktif merupakan kelainan pada proses inspirasi yang dapat diartikan jumlah udara dalam paru terbatas sehingga volume paru dan kapasitas paru menurun. Obstruktif merupakan kelainan pada proses ekspirasi yang dapat diartikan udara dalam paru sulit dikeluarkan pada waktu ekspirasi karena sumbatan pada saluran napas sehingga volume dan kapasitas paru meningkat.⁹ Interpretasi pemeriksaan fungsi paru dapat diklasifikasi menjadi 3 yaitu obstruktif, restriktif dan campuran antara restriktif dan obstruktif.¹⁰

Adapun tujuan penulisan efek obstruksi saluran pernapasan terhadap daya kembang paru supaya dapat memahami disaluran pernapasan mudah mengalami gangguan pembengkakan dan penyempitan sehingga berefek tidak kuat melakukan ekspirasi paksa, bila lama tidak sembuh maka mudah terjadi penyakit paru obstruksi kronik (PPOK).

Diskusi

Penyakit-penyakit paru dengan obstruksi saluran napas biasanya jauh lebih sukar melakukan ekspirasi daripada inspirasi karena kecenderungan menutupnya jalan napas sangat bertambah dengan tekanan positif pada dada selama ekspirasi, sementara tekanan

pleura negative pada saat inspirasi akan menarik jalan napas sehingga membuka pada saat yang sama dengan pengembangan alveoli, oleh karena itu udara cenderung untuk lebih mudah memasuki paru tetapi kemudian terperangkap di dalamnya, bila hal itu terjadi selama berbulan atau bertahun-tahun efek ini akan menaikkan kapasitas total paru dan volume residu, jika obstruksi jalan napas lebih mudah saluran napas kolaps maka aliran ekspirasi maksimum jauh berkurang.^{11,12}

Pada corak obstruksi ciri-ciri utama adalah penurunan kecepatan aliran ekspirasi (*expiratory flow*).¹¹ Pasien penyakit obstruksi mengalami kesulitan mengosongkan paru mereka daripada mengisinya, oleh karena itu kapasitas paru total (KPT) pada dasarnya normal, tetapi kapasitas residual fungsional (KRF) dan volume residual (VR) meningkat akibat bertambahnya udara yang terperangkap di dalam paru setelah ekspirasi karena VR meningkat, kapasitas vital (KV) berkurang. Dengan lebih banyak udara yang tertinggal dalam paru, KPT yang tersedia untuk pertukaran gas antara udara dan atmosfer berkurang. Hal lain yang sering ditemukan adalah penurunan mencolok FEV₁, karena laju (kecepatan) aliran udara berkurang akibat obstruksi saluran pernapasan. Walaupun baik KV maupun FEV₁ lebih besar dibandingkan KV. Akibatnya perbandingan FEV₁ terhadap KV jauh lebih rendah dari pada nilai normal sebesar 80% yaitu, jumlah yang dapat dihirupkan ke luar selama detik pertama jauh lebih kecil daripada 80% KV.^{10,11,12}

Tabel. Derajat Obstruksi

Derajat	VEP1 (%)	Rasio VEP1/KVP (%)
0(normal)	>75%	≥80
1 (ringan)	60-70	60-79
2 (sedang)	40-60	50-59
3 (berat)	<40	<40
4 (sangat Berat)	<20	

Sumber: ATS (American Thoracic Society)

Kesimpulan Dan Saran

Saluran pernapasan berfungsi sebagai tempat lintasan dan tempat pertukaran gas yang diperlukan untuk proses pernapasan, secara fungsional saluran napas dibedakan menjadi dua bagian, yaitu zona konduksi berguna untuk lalu lintas udara pernapasan dimulai dari trakea dan berakhir pada saluran yang terkecil yaitu

bronkiolus terminalis dan zona respiratorik yang terdiri dari bronkioli respiratorik berguna untuk pertukaran gas.

Seseorang dianggap mempunyai gangguan aliran udara pada saluran pernapasan maka orang tersebut tidak mampu bernapas dengan normal adanya suatu obstruksi jalan pernapasan hasil ukur dengan spirometer nilai FEV₁ kurang 75%.

Dengan adanya gejala gangguan paru yang menunjukkan pernapasan tidak kuat melakukan ekspirasi paksa, maka dihindari tidak merokok atau asap rokok dan kamar selalu bersih dan rapi, sehingga daya kembang paru normal. Bila mengalami obstruksi saluran pernapasan bereaksi dengan cara menyempit dan menghalangi udara keluar. Penyempitan atau hambatan bisa mengakibatkan salah satu gabungan dari berbagai gejala mulai dari batuk, sesak, napas pendek, tersengal-sengal, hingga napas yang berbunyi “ngik-ngik”.

Daftar Pustaka

1. Suryo, Joko. 2010. *Herbal Penyembuh Gangguan Sistem Pernapasan*. Bentang Pustaka. Yogyakarta.
2. Hadibroto, I dan Alam, S. 2005. *Asma*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
3. Tjay, T.H. & Raharja, K. 2002. *Obat-obatan penting*. Penerbit PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia. Jakarta.
4. Imron, A., 1993. *Respirasi*. Dalam buku Monograf Fisiologi manusia, suwono (ed). Pusat Antar Universitas UGM. Yogyakarta.
5. Price, S.A., Wilson, L.M. 1995. *Fisiologi proses-proses penyakit*. EGC. Jakarta.
6. Wibowo DS. 2008. *Anatomi Tubuh Manusia*. Grasindo. Jakarta.
7. Guyton, Hall. 1996. *Text Book of Medical Physiology*. New York. W B Saunders Company.
8. Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R.O., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Grinten, C.P.M.v.d., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johson, D.C., Macintyre, N., McKay, R., Miller, R.M., Navajas, D., Pedersen, O.F., dan Wanger, J. 2005. Interpretative strategies for lung function test. *European Respiratory Journal*, 26: 948-968.
9. Levitzky, M.G. 2003. *Pulmonary Physiology*. Edisi 6. New York: McGraw-Hill Companies.
10. Sherwood, L. 2001. *Fisiologi manusia; Dari Sel ke Sistem*. Edisi 2. EGC. Jakarta.
11. Djaja-surya-A. 1990. *Manual Ilmu Penyakit Paru*. Binarupa Aksara. Jakarta.
12. Alsagaf H, Mukty HA. 1995. *TB Paru Dalam Dasar-Dasar Ilmu Penyakit Paru*. 73-109.
13. Yunus, F. 1993. Penatalaksanaan Batuk dalam Praktek Sehari-hari. *Cermin Dunia Kedokteran*. 84: 13-18.
14. Syamsiah, A dan Yunus F. 1997. *Pemekrisaan spirometri Collis*. Jurnal Respiratori Indonesia. 17 (1) : 46-51.
15. Surjadhana, A. 2004. Laju Puncak Ekspirasi pada Mahasiswa Pria Sehat. *Majalah Ilmu Faal Indonesia*. 3 (3): 158-164.
16. Darmawan, M.T.S. Naning, R. dan Sadjimin, T. 2001. *Nilai Faal Paru Penderita Asma Siswa Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama di kotamadya Yogyakarta*. Berkala Ilmu Kedokteran. 33 (1): 33-42.