

Faal Paru Statis

Arief Bakhtiar, Wiryasastra Amran

Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo

ABSTRACT

Respiration or breathing is the body's attempt to meet the needs of O_2 in the metabolic process and emit CO_2 as a result of intermediary metabolism by lung and respiratory organs together so that the resulting cardiovascular oxygen rich blood. Respiration has three phases: ventilation, diffusion, perfusion. The situation is said to somebody normal lung function if the work process of ventilation, diffusion, perfusion, and the relationship between ventilation to perfusion of the person is in a relaxed state resulted in the partial pressure of arterial blood gas (PaO_2 and $PaCO_2$) were normal. Examination of lung function has an important role in assessing a lung function. However, the thing to know that these checks are supporting and quite helpful in making a specific diagnosis. With spirometry examination can be known or determined all the static volume except residual volume and respiratory capacity than the capacity of residual volume that contains components such as total lung capacity and functional residual capacity. Functional residual capacity measured by special methods such as by using the inert gas helium (helium dilution test), N_2 washout and bodyplethysmograph. Some static pulmonary function parameters can interpret any kind of disturbance in the lungs. In restrictive disorders in general decreased static lung volumes. While the obstruction interference parameters are quite significant, namely an increase in residual volume (RV), functional residual capacity (FRC) and the ratio of residual volume and total lung capacity (RV/TLC)

Key words: Pulmonary Physiology, Volume static, spirometry, ventilation, diffusion, perfusion, restriction, obstruction

Correspondence: Arief Bakhtiar, Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran, Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo. Jl. Mayjen. Prof Dr. Moetopo 6–8 Surabaya 60286. E-mail: arief.apecbakhtiar@gmail.com

PENDAHULUAN

Respirasi atau pernapasan adalah usaha tubuh untuk memenuhi kebutuhan O_2 dalam proses metabolisme dan mengeluarkan CO_2 sebagai hasil metabolisme dengan perantara organ paru dan saluran napas bersama kardiovaskular sehingga dihasilkan darah yang kaya oksigen. Respirasi mempunyai 3 tahap yaitu: *ventilasi, difusi, perfusi*. Ketiga komponen ini selalu bekerjasama dan bila ada gangguan pada salah satu atau lebih komponen maka akan terjadi gangguan pertukaran gas. Situasi faal paru seseorang dikatakan normal jika hasil kerja proses ventilasi, difusi, perfusi, serta hubungan antara ventilasi dengan perfusi pada orang tersebut dalam keadaan santai menghasilkan tekanan parsial gas darah arteri (PaO_2 dan $PaCO_2$) yang normal. Yang dimaksud keadaan santai adalah ketika jantung dan paru tanpa beban kerja yang berat.^{1,2}

Pemeriksaan fungsi paru merupakan satu metode yang objektif dalam menilai perubahan atau gangguan

fungsi paru seorang penderita dengan penyakit paru atau dicurigai mengalami gangguan paru. Dengan hasil pemeriksaan fungsi paru akan dapat menentukan bagaimana pola gangguan fungsi, apakah gangguan obstruktif atau restriktif. Informasi yang diperoleh dari evaluasi objektif ini sangatlah penting untuk menentukan bagaimana dan kapan pengobatan penderita dimulai dan apakah pengobatan yang diberikan memberi respons atau tidak.^{1,3}

Tes faal paru telah berkembang dalam beberapa dekade terakhir. Mulai dari spirometri sederhana sampai tes fisiologi yang canggih. Hanya sedikit penderita yang dapat dinilai dengan lengkap untuk penyakit saluran pernapasan tanpa menggunakan tes faal paru karena tes ini memiliki beberapa keuntungan. Pertama, dapat menjelaskan disfungsi yang secara klinik tidak dapat ditentukan, dapat mendiagnosis dan menunjukkan sifat-sifat disfungsi, dapat mengukur derajat penyakit secara objektif, dan dapat memantau respons terhadap terapi.^{3,4}

Pemeriksaan spirometri adalah pemeriksaan untuk mengukur volume paru statik dan dinamik seseorang dengan alat spirometer. Spirometri sederhana biasanya memberikan informasi yang cukup. Sejumlah spirometer elektronik yang murah dan kadang-kadang spirometer komputer mampu mengukur dengan tepat parameter-parameter tertentu seperti kapasitas vital, volume ekspirasi paksa dalam detik pertama (FEV1) dan puncak *expiratory flow*. Meskipun spirometer sendiri tidak mungkin membuat diagnosis spesifik namun dapat menentukan adanya gangguan obstruktif dan restriktif serta dapat memberi perkiraan derajat kelainan.^{1,4}

Dalam tinjauan kepustakaan ini membahas tentang faal paru statik yaitu volume udara pada keadaan statis yang tidak terkait dengan dimensi waktu, terdiri atas:^{2,4} (1) *Tidal volume* (TV), (2) *Inspiratory reserve volume*/volume cadangan inspirasi (IRV/VCI), (3) *Expiratory reserve volume*/volume cadangan ekspirasi (ERV/VCE), (4) *Residual volume* (RV), (5) *Inspiratory capacity*/kapasitas inspirasi (IC/KI), (6) *Functional residual capacity*/kapasitas residu fungsional (FRC/KRF), (7) *Vital capacity*/kapasitas vital (VC/KV), (8) *Forced vital capacity*/kapasitas vital paksa (FVC/KVP), (9) *Total lung capacity*/kapasitas paru total (TLC/KPT).

Fisiologi Sistem Respirasi

Istilah faal mempunyai arti kerja atau fungsi. Faal paru berarti kerja atau fungsi paru dan uji faal paru mempunyai arti menguji apakah fungsi paru seseorang berada dalam keadaan normal atau abnormal. Pada kehidupan suatu individu, paru mulai berfungsi saat individu lahir, yaitu saat tangis pertama yang menunjukkan adanya proses mekanika inspirasi pertama disusul dengan ekspirasi pertama. Begitulah seterusnya proses pernapasan itu terdiri atas inspirasi dan ekspirasi berlangsung dimulai sejak lahir sampai napas berhenti pada akhir hayat seseorang individu.^{5,6}

Sistem respirasi secara fundamental merupakan sarana untuk menghirup udara, memfasilitasi pertukaran gas dalam udara dengan suatu cairan (darah) dan akhirnya mengembuskan keluar udara dengan komposisi yang berbeda. Sebagaimana dijelaskan lewat hukum gas ideal dan hukum Boyle, udara dan gas yang menjadi komponennya ditandai oleh kuantitas, volume dan tekanannya. Demikian pula fisiologi pernapasan dapat dijelaskan sebagai suatu rangkaian perubahan yang digerakkan oleh tekanan dalam volume gas di dalam paru-paru. Rangkaian perubahan ini memungkinkan regulasi O_2 , CO_2 , dan pH di dalam darah.^{7,8}

Fungsi paru atau fungsi sistem pernapasan yang utama adalah melaksanakan pertukaran gas antara O_2 dan CO_2 di membran respirasi (pada pernapasan eksterna) dan pada pernapasan interna meliputi pengangkutan O_2 dan CO_2 dalam peredaran darah serta utilisasi O_2 di jaringan-jaringan dan pembebasan sisa metabolisme CO_2 untuk dibuang keluar tubuh oleh membran respirasi.^{5,8}

Proses respirasi dibagi atas tiga tahap utama yaitu ventilasi, difusi dan perfusi. Ventilasi adalah peristiwa



Gambar 1. Skematis faal respirasi.⁴

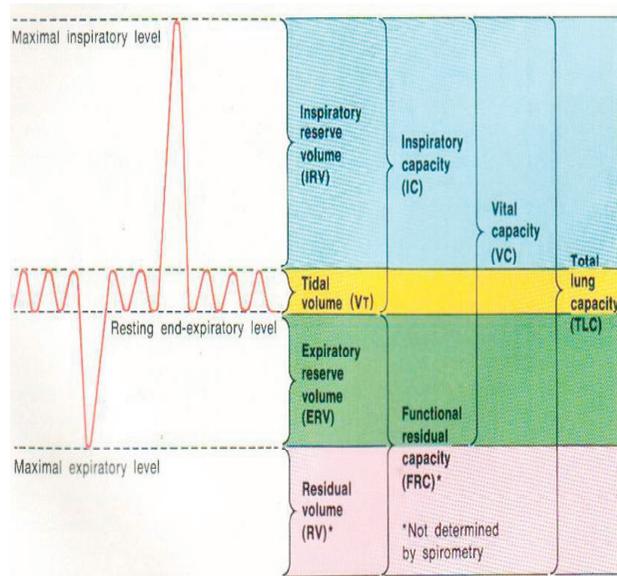
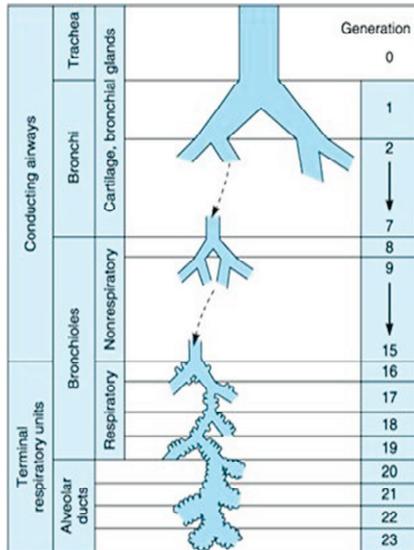
masuk dan keluarnya udara ke dalam paru (inspirasi dan ekspirasi). Difusi adalah perpindahan oksigen (O_2) dari alveoli ke dalam darah dan diikat oleh Hemoglobin (Hb) menjadi senyawa Oksi-Hb dan karbondioksida (CO_2) lepas dari ikatan karbamino keluar dari darah ke alveoli. Dan perfusi adalah distribusi Oksi-Hb dalam darah ke jaringan seluruh tubuh dan CO_2 dari jaringan ke alveoli paru. Fungsi yang lain dari sistem pernapasan adalah: fungsi fonasi (bicara), pertahanan tubuh oleh paru dan saluran napas, fungsi keseimbangan asam-basa dan keseimbangan air.^{1,5,8,9}

Pada sistem pernapasan juga terdapat ruang rugi atau *dead space*. Ruang rugi yang dimaksud adalah bagian dari saluran pernapasan yang tidak melakukan pertukaran udara dengan darah. Ruang rugi terdiri atas:^{2,5,7,9}

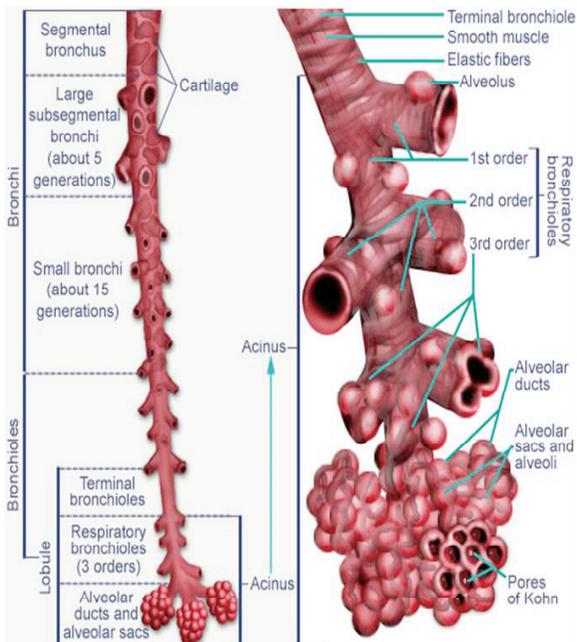
- Ruang rugi anatomik.
Ruang rugi anatomik adalah volume udara dalam jalan napas yang menghantarkan udara pernapasan, tetapi tidak turut serta dalam pertukaran gas (yaitu setiap bagian jalan napas mulai dari bronkiolus respiratorius, duktus alveolaris, dan alveoli paru). Normalnya ruang rugi anatomik ini 150 ml dan tidak boleh berubah dalam berbagai kondisi pernapasan.
- Ruang rugi alveoli
Ruang rugi alveoli adalah bagian zona respiratorik yang tidak melakukan pertukaran gas dengan darah karena keadaan tertentu seperti alveoli yang kolaps atau tertutup mukus.
- Ruang rugi fisiologik
Ruang rugi fisiologik atau total dead space adalah volume total udara inspirasi yang tidak turut serta dalam pertukaran gas. Terdiri dari ruang rugi anatomik dan ruang rugi alveoli.

Volume dan Kapasitas Statik Pernapasan

Volume dan kapasitas pernapasan merupakan gambaran fungsi ventilasi sistem respirasi. Dengan mengetahui besarnya volume dan kapasitas pernapasan dapat diketahui besarnya kapasitas ventilasi maupun ada tidaknya kelainan ventilasi pada seseorang. Dengan menggunakan alat spirometri dapat diukur beberapa parameter faal paru



Gambar 3. Volume dan kapasitas paru statis.⁴



Gambar 2. Zona konduksi dan respirasi.^{4,7}

statis. Volume dan kapasitas paru dalam keadaan statis terdiri dari:^{1,7,8,10,11}

- Volume tidal (TV)
Volume tidal adalah volume udara yang masuk dan keluar paru-paru pada keadaan istirahat atau pernapasan biasa. (0,5 L)
- Volume cadangan inspirasi/*Inspiratory Reserve Volume* (IRV)
Volume cadangan inspirasi adalah jumlah udara yang masih dapat dihirup ke dalam paru secara maksimal setelah inspirasi biasa. (3,3 L)
- Volume cadangan ekspirasi/*Expiratory Reserve Volume* (ERV)
Volume cadangan ekspirasi adalah jumlah udara yang masih dapat dihembuskan keluar dari paru setelah ekspirasi biasa. (1L)

- Volume residu/*Residual Volume* (RV)
Volume residu adalah jumlah udara yang masih tertinggal di dalam paru setelah ekspirasi maksimal. Volume residu ini mengakibatkan paru akan mengapung bila dimasukkan ke dalam air. Udara sisa ini berperan sebagai udara cadangan serta mencegah terjadinya perubahan kondisi udara alveoli secara ekstrem. Apabila telah diketahui nilai FRC maka RV diperoleh dengan persamaan: $RV = FRC - ERV$. (1,2 L)
- Kapasitas inspirasi/*Inspiratory Capacity* (IC)
Kapasitas inspirasi adalah jumlah udara yang bisa dihirup maksimal. Gabungan TV + IRV. (3,8 L)
- Kapasitas residu fungsional/*Functional Residual Capacity* (FRC)
Kapasitas residu fungsional adalah jumlah udara yang terdapat dalam paru pada akhir ekspirasi biasa, yaitu gabungan ERV + RV. (2,2 L)
- Kapasitas vital/*Vital Capacity* (VC)
Kapasitas vital adalah jumlah udara yang bisa dikeluarkan maksimal setelah inspirasi maksimal, yaitu gabungan IRV + TV + ERV. (4,8 L)
- Kapasitas vital paksa/*Forced Vital Capacity* (FVC)
Kapasitas vital paksa sama dengan kapasitas vital tetapi dilakukan secara cepat dan paksa dengan ekspirasi dalam dan kuat.
- Kapasitas paru total/*Total Lung Capacity* (TLC)
Kapasitas paru total adalah jumlah udara total yang ada di dalam paru pada akhir inspirasi maksimal, yakni gabungan IRV + TV + FRC. (6 L)

Tes Faal Paru

Uji faal paru bertujuan mengetahui apakah fungsi paru seseorang individu dalam keadaan normal atau abnormal. Pemeriksaan faal paru biasanya dikerjakan berdasarkan indikasi atau keperluan tertentu misalnya untuk: menegakkan diagnosis penyakit paru tertentu, evaluasi

pengobatan asma, evaluasi hasil rehabilitasi penyakit paru, evaluasi fungsi paru bagi seseorang yang akan mengalami pembedahan toraks atau abdomen bagian atas, mengalami bedah -reduksi volume paru pada penderita penyakit paru obstruktif menahun (PPOM), akan mengalami anestesi umum sedangkan yang bersangkutan menderita penyakit paru atau jantung dan keperluan lainnya.¹

Secara lengkap uji faal paru dilakukan dengan menilai fungsi ventilasi, difusi gas, perfusi darah paru dan transport gas O₂ dan CO₂ dalam peredaran darah. Untuk keperluan praktis dan uji skrining, biasanya penilaian faal paru seseorang cukup dengan melakukan uji fungsi ventilasi paru. Apabila fungsi ventilasi nilainya baik, dapat mewakili keseluruhan fungsi paru dan biasanya fungsi paru lainnya juga baik. Penilaian fungsi ventilasi berkaitan erat dengan penilaian mekanika pernapasan. Untuk menilai fungsi ventilasi digunakan spirometer untuk mencatat grafik pernapasan berdasarkan jumlah dan kecepatan udara yang keluar atau masuk ke dalam spirometer.^{2,4}

Pemeriksaan fungsi paru dapat dilakukan dengan pemeriksaan spirometri sederhana ataupun beberapa alat canggih lainnya seperti *bodyplethysmography* yang merupakan alat yang dapat mengukur volume paru lebih komplis dibanding dengan spirometer konvensional. Walaupun alat pemeriksaan faal paru semakin canggih, namun *the man behind the gun* tetap merupakan faktor utama untuk mendapatkan hasil pemeriksaan yang benar dengan melaksanakan manuver pemeriksaan yang diisyaratkan.^{1,12}

Dengan mengadakan penilaian fungsi ventilasi, dapat ditentukan beberapa data tentang ventilasi paru berikut:^{2,3,10,13,14} (1) Penilaian pola ventilasi. Datanya dapat dipakai untuk menilai: (a) frekuensi nafas tiap menit, (b) amplitude pernapasan atau volume tidal dan rasio inspirasi-ekspirasi. (2) Penilaian volume paru dan kapasitas paru. Parameter yang dinilai meliputi: (a) volume paru (volume tidal, volume cadangan inspirasi, volume cadangan, volume residu), dan (b) kapasitas paru, meliputi kapasitas vital, kapasitas inspirasi; kapasitas residu fungsional dan kapasitas paru total. (3) Penilaian kecepatan aliran udara ekspirasi paksa. Pada penilaian ini yang diukur adalah kecepatan aliran udara ekspirasi paksa, yaitu individu yang diperiksa disuruh meniupkan udara napas sekuat-kuatnya dan secepat-cepatnya ke dalam spirometer, di mana individu sebelumnya telah menghirup udara nafas sebanyak-banyaknya. Dari analisis spirogram, dapat diperoleh data mengenai: kapasitas vital paksa (satuan mililiter), volume ekspirasi paksa satu detik pertama (VEP₁, satuan mililiter), kecepatan aliran ekspirasi paksa maksimal (satuan liter/menit), aliran tengah maksimal (ATEM, satuan liter/menit), nilai%VEP₁ (volume ekspirasi paksa detik pertama) dan%KVP (kapasitas vital paksa), untuk menentukan status faal paru individu yang diperiksa. Dengan membandingkan nilai% VEP 1 terhadap nilai KVP, maka status faal paru individu yang diperiksa dapat diketahui apakah: normal, obstruktif, restriktif, campuran obstruktif dan restriktif.

Teknik Pemeriksaan Volume Paru Statis

Pemeriksaan Spirometri

Pemeriksaan spirometri adalah pemeriksaan untuk mengukur volume paru statik dan dinamik seseorang dengan alat spirometer. Pada volume paru statis, pemeriksaan yang dilakukan tidak terkait dengan waktu dan merupakan ukuran dasar untuk menilai volume udara intra pulmonal. Parameter volume dan kapasitas statis yang paling bermakna dalam menunjukkan adanya suatu kelainan adalah kapasitas vital, volume residu, kapasitas residu fungsional dan kapasitas paru total. Nilai kapasitas vital menunjukkan kemampuan distensi dari paru dan dinding thoraks (*compliance*). Nilai volume residu yang meningkat dan rasio antara volume residu terhadap kapasitas residu fungsional menunjukkan adanya hiperinflasi paru melalui mekanisme *air trapping*. Oleh karena itu, pentingnya pemahaman faal paru statis sebagai dasar untuk mengetahui parameter faal paru lainnya dalam menentukan jenis gangguan ventilasi.

Spirometer biasa, hanya dapat mengukur IRV, TV, ERV, VC dan IC. Untuk pengukuran RV, FRC dan TLC diperlukan spirometer khusus.^{2,3}

Tujuan pemeriksaan:^{2,3,14,15,16} (1) Menilai status faal paru yaitu menentukan apakah seseorang mempunyai faal paru normal, hiperinflasi, obstruksi, restriksi atau bentuk campuran, (2) Menilai manfaat pengobatan yaitu menentukan apakah suatu pengobatan memberikan perubahan terhadap nilai faal paru; (3) Evaluasi penyakit yaitu menilai laju perkembangan penyakit terdapat perbaikan atau perubahan terhadap nilai faal paru; (4) Menentukan prognosis yaitu meramalkan kondisi penderita selanjutnya dengan melihat nilai faal paru yang ada (5) Menentukan toleransi tindakan bedah: (a) Menentukan apakah seseorang mempunyai risiko ringan, sedang atau berat pada tindakan bedah (b) Menentukan apakah dapat dilakukan tindakan reseksi paru.

Sebelum pemeriksaan, yang terlebih dahulu dilakukan adalah: (1) Mempersiapkan alat yang dipakai secara benar, termasuk kalibrasi alat-alat, masa atau waktu yang diperlukan untuk pengaliran gas telah dilakukan sesuai petunjuk yang diberikan; (2) Ukur tinggi badan, berat badan dan usia serta jenis kelamin, suku bangsa karena data ini akan dimasukkan dalam pendataan komputer pada alat spirometer untuk memperoleh nilai prediksi. Bila penderita dalam keadaan berbaring tinggi badan ditentukan dengan mengukur panjang kedua lengan yang direntangkan kesamping. (3) Penderita diberi petunjuk dan cara melakukan manuver pemeriksaan sampai penderita melaksanakan peragaan dengan benar.

Pemeriksaan Kapasitas Vital (KV)

Sebelum melakukan manuver pemeriksaan kapasitas vital, pasien diminta bernapas sesuai pernapasan dengan volume tidal sebanyak tiga kali kemudian menarik napas dalam semaksimal mungkin dengan tenang dan perlahan, kemudian mengeluarkan napas (ekspirasi) sampai maksimal dengan pelan dilanjutkan dengan pernapasan biasa. Nilai KV telah diperoleh dengan cara manuver

diatas. Pada rekaman grafik, KV ini tampak digambarkan melalui volume KPT sampai menurun ketinggian volume residu. Nilai KV menunjukkan kemampuan distensi paru dan dinding thoraks.^{2,3}

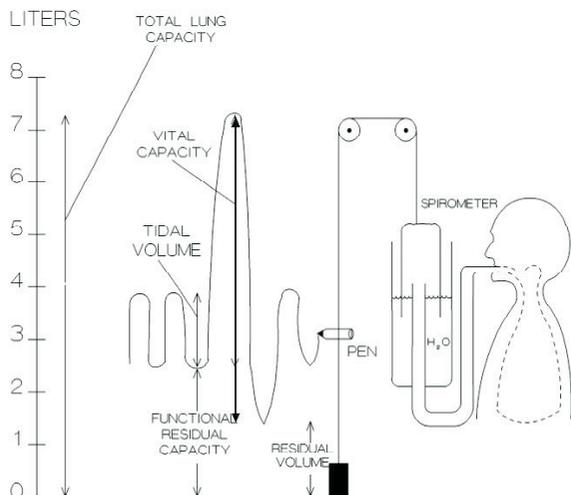
Oleh karena itu, KV mempunyai korelasi yang tinggi dengan *compliance* paru dan thoraks. Nilai KV yang menurun bisa dijumpai pada fibrosis paru, bendungan paru atau *compliance* paru yang menurun seperti pada *kyphoscoliosis*, kelemahan otot-otot pernapasan dan juga bisa karena penderita tidak melakukan inspirasi dengan baik. Pada penderita-penderita dengan obstruksi seringkali KV nya normal atau sedikit menurun. Hal ini menunjukkan bahwa kelainan pada bagian-bagian yang non elastik dari sistem pernapasan tidak banyak memengaruhi KV.^{1,3}

Pemeriksaan Kapasitas Paru Total, Kapasitas Residu Fungsional dan Volume Residu

Volume residu, kapasitas residu fungsional, dan kapasitas paru total kesemuanya merupakan volume udara paru yang tinggal di dalam paru, bahkan udara ini masih tetap tersisa walaupun telah melakukan ekspirasi maksimal, tidak dapat diukur dengan spirometer biasa, kecuali dengan beberapa metode pemeriksaan dengan memakai alat khusus antara lain dengan metode pemeriksaan *N₂ Wash Out dan Bodyplethysmograph*. Nilai RV yang menurun (juga FRC) menunjukkan adanya kelainan restriktif yang disebabkan oleh menurunnya distensibilitas jaringan paru dan dinding thoraks. RV dan FRC yang meningkat menunjukkan adanya hiperinflasi jaringan paru melalui mekanisme *air trapping* atau karena elastisitas jaringan paru yang menurun misalnya pada emfisema paru. Parameter lain yang bisa dipakai adalah rasio antara RV/TLC. Pada orang normal tidak lebih dari 30%.^{1,2,3}

Akseptibilitas/Acceptability

Pemeriksaan yang dapat diterima adalah yang memenuhi ketentuan berikut, yaitu:^{2,3,10} (1) Test dilakukan sampai selesai; (2) Waktu ekspirasi minimal 6 detik; (3) Permulaan test harus cukup baik



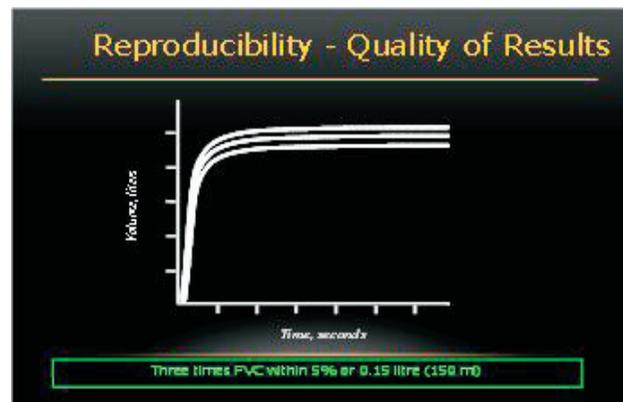
Gambar 4. Skematik pemeriksaan spirometer.⁴

Pemeriksaan harus melihat apakah penderita mengerti instruksi yang dijelaskan dan melakukan manuver dengan inspirasi maksimal, permulaan yang baik, ekspirasi yang terus menerus, serta usaha yang maksimal. Nilai yang diambil dilihat dari bentuk grafik (awalnya cepat, puncaknya tinggi) dan nilai KVP yang besar.²

Hal yang menunjukkan suatu tes yang tidak baik ialah bila didapatkan:^{2,3,10} (1) Permulaan ekspirasi yang tidak baik ditandai dengan keragu-raguan, dan permulaan yang lambat dengan perbedaan nilai volume lebih besar dari 5% KVP; (2) Batuk selama detik pertama manuver sehingga memengaruhi nilai VEP₁ (3) Manuver valsava (Penutupan glotis); (4) Akhir ekspirasi yang cepat pada orang normal biasanya ekspirasi ini berlangsung 6 detik; (5) Terdapat kebocoran (6) *Mouth piece* tersumbat oleh lidah atau gigi palsu dan lain-lain.

Reproduksibilitas/Reproducibility

Ditentukan setelah didapatkan 3 manuver yang dapat diterima. KVP reproduksibel bila antara 2 nilai terbesar terdapat perbedaan kurang dari 5% KVP terbesar atau kurang dari 100 cc dan perbedaan 2 nilai VEP₁ terbesar kurang dari 5% VEP₁ paling besar atau kurang dari 100 cc.^{2,3,10}



Gambar 5. Kurva reproduksibilitas hasil spirometri.¹²

Berikut beberapa contoh alat yang dapat digunakan dalam pemeriksaan spirometri:



Gambar 6. Volum measuring spirometer.¹²



Gambar 7. Flow measuring spirometer¹²



Gambar 8. Autospirometer.¹²



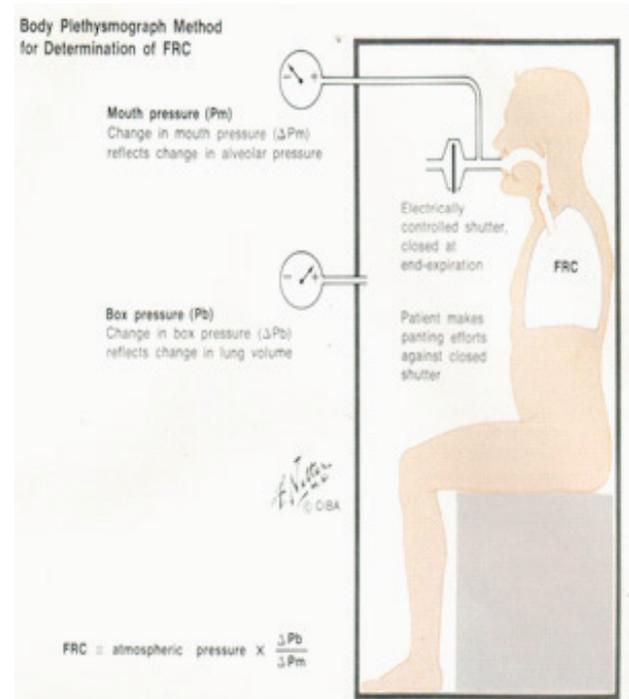
Gambar 9. Small hand-held spirometer.¹²

Metode Pemeriksaan N₂ Wash Out

Dengan cara ini dapat diketahui besar volume kapasitas residu fungsional dengan mengurangi nilai KRF (FRC) dengan VCE (ERV), nilai VR dapat diketahui, demikian juga nilai KPT akan dapat dihitung. Metode pemeriksaan volume paru dengan N₂ wash out dapat mengukur volume paru termasuk pengukuran kapasitas residu fungsional (KRF). Penentuan volume paru didasarkan pada:^{2,3} (1) Adanya konsentrasi awal gas N₂ (inert gas) di dalam paru; (2) Pengangkutan N₂ oleh 100% gas O₂ Dengan cara wash out; (3) Mengukur volume udara ekspirasi selama proses wash out; (4) Mengukur konsentrasi N₂ pada volume udara ekspirasi untuk menentukan volume aktual dari paru.

Pemeriksaan dengan Bodyplethysmograph

Bodyplethysmograph adalah suatu alat dengan sistem kamar tertutup yang digunakan untuk mengetahui volume total gas dalam paru dan *airway resistance* (tahanan jalan napas). Salah satu keuntungan dari pengukuran plethysmograph adalah kemampuannya untuk mengukur



Gambar 10. Pemeriksaan volume residu dengan bodyplethysmograph.¹⁴

semua udara di dalam rongga dada, tanpa melihat apakah daerah yang mengalami kompresi, berventilasi atau tidak. Perbedaan hasil antara bodyplethysmograph dengan metode dilusi nyata. Pada pengukuran alat ini hasil pemeriksaan gas pada rongga dada disebut *thoracic gas volume* (TGV) yang identik dengan kapasitas residu fungsional pada pemeriksaan dengan metode dilusi atau Nitrogen wash out. Selain TGV alat ini juga dapat mengukur airway resistance dan kapasitas vital serta volume paru yang lainnya. Pemeriksaan plethysmograph yang dilakukan dengan menggunakan preVent pneumotach dan satu mouth piece yang dihubungkan ke umbilical pneumotach. Unit ini dihubungkan lagi kesirkuit pasien yang ada pada bagian tengah alat ini.^{2,3}

Interpretasi Volume dan Kapasitas Paru Statis pada Gangguan Obstruksi dan Retriksi

Gangguan ventilasi terdiri atas: gangguan restriksi dan gangguan obstruksi. Restriksi adalah gangguan pada pengembangan paru oleh sebab apapun. Pada restriksi paru menjadi kaku, sehingga daya tarik kedalam lebih besar maka dinding dada mengecil, volume paru kecil, iga menyempit. Semua volume statis paru mengecil baik itu KV, KPT, VR, VCE, KRF. Sebagai parameter diukur KV. Nilai normal KV 80%–120% prediksi. KV kurang dari 80% nilai prediksi dianggap gangguan restriksi. KV lebih dari 120% nilai prediksi merupakan suatu keadaan over atau hiperinflasi. Selain itu, pada penyakit-penyakit restriktif kecepatan aliran normal, walaupun kadang-kadang kecepatan aliran akan berkurang secara proporsional terhadap berkurangnya kapasitas vital.^{5,10,17}

Klasifikasi gangguan fungsi paru berdasarkan nilai spirometri		
	RESTRIKSI (KVP % atau KVP/pred. %)	OBSTRUKSI (VEP1/KVP) % VEP ₁ % (VEP ₁ /VEP ₁ pred)
Normal	> 80 %	> 75%
Ringan	60 – 79 %	60 – 74 %
Sedang	30 – 59%	30 – 59 %
Berat	< 30 %	< 30 %

Nilai prediksi Indonesia : Pneumomobile project 1992

Gambar 11. Klasifikasi gangguan fungsi paru berdasarkan spirometri.⁴

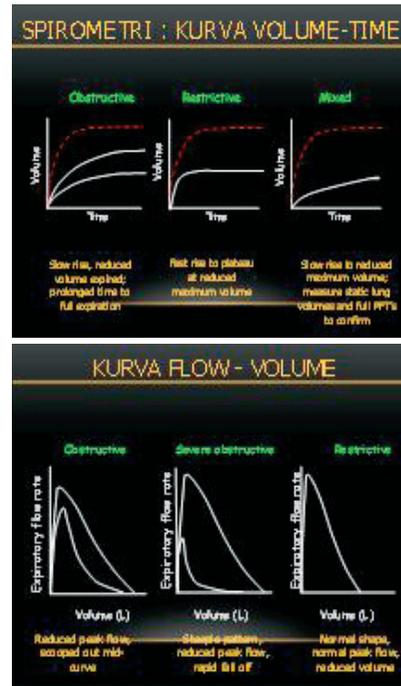
Kelainan restriksi dapat berupa kelainan pada parenkim paru yaitu: tumor paru, pneumonia, abses paru, edema paru, atelektasis, fibrosis paru. Kelainan pada pleura yaitu: efusi pleura, pnemotoraks, pleuritis sicca/schawarte, tumor pleura. Kelainan pada dinding/tulang dada yaitu: fraktur iga, obesitas, pektus ekskavatus, skoliosis, khiposis, gibbus.^{2,5,17}

Pada gangguan obstruksi, spirometri memperlihatkan penurunan kecepatan aliran ekspirasi dan kapasitas vital normal. Pada obstruksi aliran udara yang lebih hebat, kapasitas vital mungkin turun sebagai akibat terperangkapnya udara. Asma, bronkhitis kronik, dan emfisema merupakan penyakit-penyakit obstruktif yang tersering dijumpai. Respons terhadap terapi bronkhodilator harus ditentukan pada kasus-kasus tersebut. Peningkatan kapasitas vital setelah inhalasi bronkhodilator biasanya dianggap menunjukkan respons bermakna terhadap terapi bronkhodilator.^{2,10,17}

KESIMPULAN

Pemeriksaan faal paru memiliki peran yang penting dalam menilai suatu fungsi paru. Namun, hal yang perlu diketahui bahwa pemeriksaan tersebut bersifat penunjang dan cukup membantu dalam membuat diagnosis spesifik. Hasil dari pemeriksaan tersebut yang ditambahkan kepada informasi yang didapat dari riwayat klinis, pemeriksaan fisik, foto toraks dan pemeriksaan laboratorium dapat menguatkan diagnosis penyakit paru.

Pemeriksaan faal paru statis atau fungsi ventilasi dilakukan dengan alat spirometer, baik yang konvensional maupun elektronik. Dengan pemeriksaan spirometrik dapat diketahui atau ditentukan semua volume statis kecuali volume residu serta kapasitas pernapasan kecuali



Gambar 12. Kurva spirometri volume-time dan flow-volume.¹²

kapasitas yang mengandung komponen volume residu seperti kapasitas paru total dan kapasitas residu fungsional. Kapasitas residu fungsional diukur dengan metode khusus antara lain dengan menggunakan gas inert helium (*dilution helium test*), *N2 wash out* dan *bodyplethysmograph*.

Terdapat beberapa parameter faal paru statis yang dapat memberikan interpretasi jenis gangguan pada paru. Pada gangguan restriktif secara umum terjadi penurunan volume statis paru. Sedangkan pada gangguan obstruksi parameter yang cukup bermakna yaitu terjadi peningkatan residual volume (RV), kapasitas residu fungsional (FRC) dan rasio residual volume dan kapasitas paru total (RV/TLC).

DAFTAR PUSTAKA

1. West, John B. Patofisiologi Paru Esensial. Balai Penerbit Buku Kedokteran EGC, Jakarta. 2010.
2. Yunus, Faisal. Sistem Pernapasan dan Fungsi Paru. Workshop Respiratory Physiologi, Jakarta. 1997.
3. Amin, Muh.Prof. Pemeriksaan dan Interpretasi Faal Paru. PKB Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Surabaya. 2013.
4. Herman, Deddy. Spirometri. Bagian Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi FK Unand.
5. Fatkhur A. Pemeriksaan Faal Paru. Available at: www.faalparu.blogspot.pdf.com

Tabel 1. Volume dan Kapasitas Paru pada Gangguan Restriksi dan Obstruksi⁶

	RV	FRC	TLC	FVC	FEV	FEV1/FVC
Obstruktif	↑↑	↑	↑	↓	↓↓	↓
Restriktif	↓	↓	↓	↓↓	↓	↑ Atau normal

6. Tao L, Kendall K. Sinopsis Organ Sistem Pulmonologi. Karisma Publishing Group, Tangerang Selatan. 2013.
7. Fishman, Alfred P. Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders. 4th Ed. McGraw-Hill Companies, USA. 2008.
8. Alsagaf Hood, dkk. Dasar-dasar Ilmu Penyakit Paru. Airlangga universityperss, Surabaya. 2010.
9. Gold WM. *Pulmonary Function Testing*; in Murray JF, Nadel JA (eds) Textbook of Respiratory Medicine 3 ed. W.B. Saunder Company, Philadelphia: 2000; p. 781–881. 2000.
10. Guyton AC. Textbook of medical physiology, 8th ed. Philadelphia: WB Saunders.hal 343–355. 1991.
11. Wilkins, Robert L. Auskultasi Paru Pedoman Klinis. Binarupa Aksara Publisher, Tangerang Selatan. 2010.
12. Global Initiative for Asthma (GINA), Magement and Prevention Update Defenisi and overview; p. 2 (2012).
13. Dweik RA, Carthy KM. Pulmonary Function Testing. Available at: <http://www.Emedicine.com> 2004.
14. Kasper, *et al. Respiratory Function And Pulmonary Diagnostic Procedures*; in Harrison Manual of Medicine 16th; McGraw-Hill Medical Publishing Division, p. 663–668. 2005.
15. Piantadosi CA (2004). *Diving Medicine and Near Drowning* in Glassroth J, Crapo JD, Karlinsky JB (eds). Baum's Textbook of Pulmonary Diseases 7¹ ed. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia; p. 1025–1040. 2004
16. Rachmatul P. Peranan Evaluasi Faal Paru pra Bedah. Undip, Semarang. 2001.
17. Rab Tabrani H. dr; Tindakan bedah paru; Prinsip Gawat Paru, ed. 2; penerbit buku kedokteran EGC, Jakarta 1996 hal. 305–310.
18. Rasmin Menaldi SpP (K) dr. FCCP dkk, Prosedur Tindakan Bidang Paru dan Pernapasan, Diagnosa dan Terapi, Bagian Pulmonologi FKUI; Balai Penerbit FKUI, Jakarta; 2001; hal, 28–59.
19. Gosslink, R. Stam. H. *Spirometry to detect and manage chronic obstructive pulmonary disease and asthma in the primary care setting*. In Lung Function Test; European Respiratory Monograph 31, April 2005; p, 1–14,