

Faal Paru Dinamis

Arief Bakhtiar, Renny Irviana Eka Tantri

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

ABSTRACT

Pulmonary function is an examination to measure lung volume function using spirometry. Tests with spirometry to detect abnormalities associated with respiratory distress. Spirometry examination is not only to determine the diagnosis but also to assess the severity of obstruction, restriction, and the effects of treatment. Spirometry examination is a test to measure the volume of a person's static and dynamic lungs with a spirometer tool. Dynamic lung spirometry consists of Forced vital capacity (FVC), Forced expiratory volume (FEV₁), Forced expiratory flow 200-1200 / FEF 200-1200, Forced expiratory flow 25% -75% / FEF 25% -75%, Peak expiratory flow rate / PEFR, Maximum voluntary ventilation / MVV / MBC, FEV₁ / FVC Ratio. Ventilation disorders consist of: restriction and obstruction disorders. Restriction is a disorder of lung development by any cause. In obstruction disorder, it shows a decrease in velocity of expiratory flow and normal vital capacity. FEV values, which are widely used are FEV₁ / FVC, abnormal when <80%, FEV₁ / FVC ratio <80%. This parameter is very important because the accuracy level for obstruction in the central airway is quite large. In obstructive disorder there is generally a decrease in pulmonary dynamic volume. Significant parameters are FEV₁ / FVC, PEFR, and FEF 25-75. The FEV₁ / FVC ratio is important because the accuracy level for obstruction in the central airway is considerable, whereas FEF 25-75 indicates obstruction in the small airway.

Key Words: Faal Paru Dinamis, Gangguan Ventilasi, Rasio FEV₁/FVC, FEF₂₅₋₇₅

Correspondence: Renny Irviana Eka Tantri, Departemen Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi, Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga/RSUD Dr. Soetomo. Jl. Mayjen. Prof. Dr. Moestopo 6-8 Surabaya 60286. E-mail: rennyirvianaeka@gmail.com

PENDAHULUAN

Pemeriksaan faal paru merupakan pemeriksaan untuk mengetahui apakah fungsi paru dalam keadaan normal atau tidak normal. Pemeriksaan faal paru dikerjakan berdasarkan indikasi tertentu. Penurunan fungsi paru yang terjadi secara mendadak dapat menimbulkan gagal napas dan dapat mendatangkan kematian kepada penderita.¹

Pengujian faal paru untuk mengukur fungsi kapasitas paru. Pengujian faal paru menggunakan alat yang disebut spirometri. Pengujian dengan spirometri penting untuk mendeteksi beberapa kelainan yang berhubungan dengan gangguan pernapasan. Spirometri merupakan metode untuk screening penyakit paru. Selain itu, spirometri juga digunakan untuk menentukan kekuatan dan fungsi dada, mendeteksi berbagai penyakit saluran pernapasan terutama akibat pencemaran lingkungan dan asap rokok.^{1,2}

Pemeriksaan spirometri tidak hanya digunakan untuk menentukan diagnosis tetapi juga untuk menilai beratnya

obstruksi, restriksi, dan efek dari pengobatan. Ada beberapa penderita yang tidak menunjukkan adanya keluhan namun pada pemeriksaan spirometri menunjukkan adanya obstruksi atau restriksi. Hal ini dapat dijadikan sebagai peringatan awal terjadinya gangguan fungsi paru yang mungkin dapat terjadi sehingga kita dapat menentukan tindakan pencegahan secepatnya.²

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 dapat mengukur dengan tepat parameter-parameter tertentu seperti kapasitas vital, volume ekspirasi paksa dalam detik pertama (FEV₁) dan *peak expiratory flow*. Spirometer tidak dapat membuat diagnosis spesifik namun dapat menentukan adanya gangguan obstruktif dan restriktif serta dapat memberi perkiraan derajat kelainan.^{3,4}

Pemeriksaan spirometri dapat menilai faal paru statik dan faal paru dinamik. Faal paru statik yaitu volume udara

pada keadaan statis yang tidak terkait dengan dimesi waktu, terdiri atas: Pemeriksaan spirometri dapat menilai faal paru statik dan faal paru dinamik. Faal paru statik yaitu volume udara pada keadaan statis yang tidak terkait dengan dimesi waktu, terdiri atas: *Tidal volume (TV)*, *Inspiratory reserve volume/volume cadangan inspirasi (IRV/VCI)*, *Expiratory reserve volume/ volume cadangan ekspirasi (ERV/VCE)*, *Residual volume (RV)*, *Inspiratory capacity/ kapasitas inspirasi (IC/KI)*, *Functional residual capacity/ kapasitas residu fungsional (FRC/KRF)*, *Vital capacity/ kapasitas vital (VC/KV)*, *Forced vital capacity/ kapasitas vital paksa (FVC/KVP)*, *Total lung capacity/ kapasitas paru total (TLC/KPT)*. Sedangkan faal paru dinamik terdiri atas: *Forced expiratory volume (FEV_T)*, *Forced expiratory flow₂₀₀₋₁₂₀₀ /FEF₂₀₀₋₁₂₀₀*, *Forced expiratory flow_{25%-75%} /FEF_{25%-75%}*, *Peak expiratory flow rate/PEFR*, *Maksimal voluntary ventilation/ MVV/ MBC*.⁵

Dalam tinjauan kepustakaan ini akan membahas tentang faal paru dinamis.

Indikasi Spirometri

Ada beberapa indikasi dilakukan spirometri, antara lain:^{6,7,8,9}

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 nilai faal paru.
4. Menentukan prognosis yaitu meramalkan kondisi penderita selanjutnya dengan melihat nilai faal paru yang ada.
5. Menentukan toleransi tindakan bedah
6. Menentukan apakah seseorang mempunyai risiko ringan, sedang atau berat pada tindakan bedah.
7. Menentukan apakah dapat dilakukan tindakan reseksi paru

Prosedur Pemeriksaan Spirometri

Sebelum dilakukan pemeriksaan spirometri diperlukan beberapa persiapan, antara lain: persiapan alat, persiapan penderita, ruang dan fasilitas.^{3,8,10,11}

1. Persiapan alat
 - a. Alat harus dikalibrasi minimal 1 kali seminggu. Penyimpangan tidak boleh melebihi 1½ % dari kalibrator.
 - b. *Mouth piece* sekali pakai atau penggunaan berulang 1 buah.
 - c. Sediakan wadah berisi savlon yang telah diencerkan dengan air untuk merendam *mouth piece* yang digunakan berulang.

2. Persiapan penderita

Penderita harus mengerti tujuan dan cara pemeriksaan. Sebelum dilakukan pemeriksaan, operator harus memberikan petunjuk yang tepat dan benar serta memberikan contoh cara melakukan pemeriksaan spirometri. Selama pemeriksaan penderita harus merasa nyaman. Syarat sebelum melakukan pemeriksaan spirometri antara lain: harus bebas dari rokok minimal 2 jam sebelum pemeriksaan, tidak boleh makan terlalu kenyang sebelum pemeriksaan, tidak boleh berpakaian ketat, penggunaan bronkodilator terakhir minimal 8 jam sebelum pemeriksaan untuk aksi singkat dan 24 jam untuk aksi panjang.

3. Ruang dan fasilitas

Ruangan yang digunakan harus mempunyai sistem ventilasi yang baik. Suhu udara tempat pemeriksaan tidak boleh < 17° C atau > 40° C. Pemeriksaan terhadap pasien yang dicurigai menderita penyakit infeksi saluran napas dilakukan pada urutan terakhir dan setelah itu harus dilakukan tindakan antiseptik pada alat.

Prosedur pemeriksaan

Prosedur pemeriksaan spirometri juga merupakan faktor penting yang lain disamping alatnya sendiri seperti yang sudah diuraikan sebelumnya.

1. Informasi data-data demografi subyek yang akan diperiksa (untuk seterusnya akan disebut sebagai subyek saja). Informasi ini meliputi: nama, nomor, umur (dalam tahun), tinggi badan (tanpa alas kaki dalam inci atau cm), berat badan (dalam pon atau kg) dan suku bangsa.
2. Persiapan subyek, menerangkan kepada subyek tentang cara bekerjanya alat, beberapa perintah yang harus dilaksanakan, menegaskan bahwa pemeriksaan tidak menyakitkan dan pemeriksaan dilakukan dengan berdiri.
3. Demonstrasi kepada subyek
Agar pemeriksaan dapat dikerjakan dengan baik dan benar, pemeriksa memberi contoh terlebih dahulu.
4. Pemimpin yang baik
Beri aba-aba yang jelas dan keras agar subyek dapat melaksanakan dengan baik.
5. Perhatikan subyek, selama pemeriksaan
 - a. apakah penjepit hidung terpasang dengan baik?
 - b. apakah tidak ada kebocoran di mulut?
 - c. apakah subyek telah melakukan inhalasi maksimum?
 - d. setelah selesai satu manuver perhatikan grafik yang tergambar.
6. Mengenal manuver yang tak diterima (*unacceptable*)
Ada 3 manuver yang dianggap gagal yaitu: 1). Terlambat waktu memulai manuver; 2) Batuk; 3) Mengakhiri sebelum saatnya selesai. Paling sedikit diperlukan 3 manuver yang baik

7. Menentukan "reproducible"

Setelah ada 3 grafik yang "acceptable", kemudian ditentukan 2 yang "reproducible". Ciri-cirinya menurut rekomendasi ATS adalah (Enright PL):

- 2 FVC yang terbesar perbedaannya kurang dari 5%
- 2 FEV_1 yang terbesar perbedaannya kurang dari 5%
- 2 $PEFR$ perbedaannya kurang dari 5%

Manuver Spirometri

Hasil spirometri yaitu berupa kurva volume paru terhadap waktu akibat manuver yang dilakukan penderita. Usaha manuver penderita diobservasi pada layar monitor untuk meyakinkan bahwa usaha yang dilakukan penderita sudah benar dan maksimal. Manuver yang dapat dilakukan antara lain:

1. Manuver SVC

Penderita menghirup udara sebanyak mungkin dan kemudian udara dikeluarkan sebanyak mungkin tanpa manuver paksa.

2. Manuver FVC

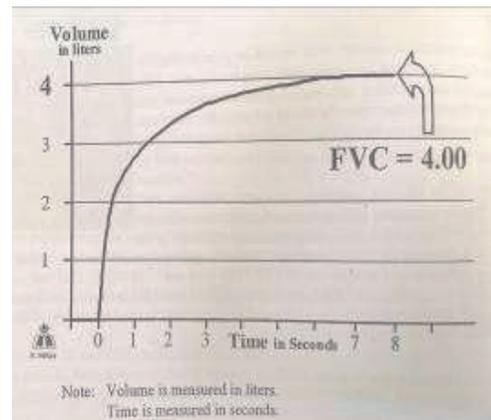
Penderita menghirup udara sebanyak mungkin dan udara dikeluarkan dengan dihentakkan serta melanjutkannya sampai ekspirasi maksimal.

- Manuver FEV_1 (volume ekspirasi paksa detik pertama)
Nilai FEV_1 yaitu volume udara yang dikeluarkan selama 1 detik pertama pada pemeriksaan FVC. Manuver FEV_1 sama seperti manuver FVC.
- Manuver $PEFR$ / APE (arus puncak respirasi)
Kecepatan arus ekspirasi maksimal yang dapat dicapai saat ekspirasi paksa. Penderita menarik napas semaksimal mungkin, kemudian dihembuskan dengan kekuatan maksimal segera setelah kedua bibir dirapatkan pada mouthpiece.
- Manuver MVV (Maximum voluntary ventilation)
Volume udara maksimal yang dapat dihirup oleh penderita. Penderita bernapas melalui spirometri dengan sangat cepat, kuat dan sedalam mungkin selama minimal 10-15 detik.

Faal paru dinamis terdiri dibagi menjadi 7, yaitu: *forced vital capacity* (FVC), *forced expiratory volume* (FEV_T), *forced expiratory flow*₂₀₀₋₁₂₀₀/ $FEF_{200-1200}$, *forced expiratory flow*_{25%-75%}/ $FEF_{25%-75%}$, *Peak expiratory flow rate*/ $PEFR$, *Maksimal voluntary ventilation*/ MVV / MBC , *Rasio FEV_1/FVC* :^{6,7,10,12}

1. *Forced vital capacity* (FVC)

Forced vital capacity adalah volume gas yang dapat dikeluarkan dengan sekuat-kuatnya dan secepat-cepatnya setelah suatu inspirasi maksimal. Pengukuran dilaksanakan dengan *forced expiratory effort* maksimal di mana penderita diminta dengan sekuat-kuatnya dan secepat-cepatnya mengeluarkan *vital capacity*-nya.



Gambar 1. Nilai FVC pada kurva volume-time¹⁷

FVC biasanya dilakukan saat ekspirasi kecuali disebutkan lain, yaitu *forced inspiratory volume*/FIV. Pada FIV penderita diminta untuk melakukan ekspirasi maksimal kemudian inspirasi sekuat-kuatnya.^{3,4,9,10,12,13,14} Nilai FVC pada kurva volume-time dapat dilihat pada Gambar 1.¹⁷

Penderita dengan obstruksi saluran napas dan peningkatan resistensi aliran udara ekspirasi (misalnya asma dan emfisema) untuk mengeluarkan seluruh *vital capacity* nya memerlukan waktu 25 - 30 detik, sedangkan pada orang normal hanya 3 detik.

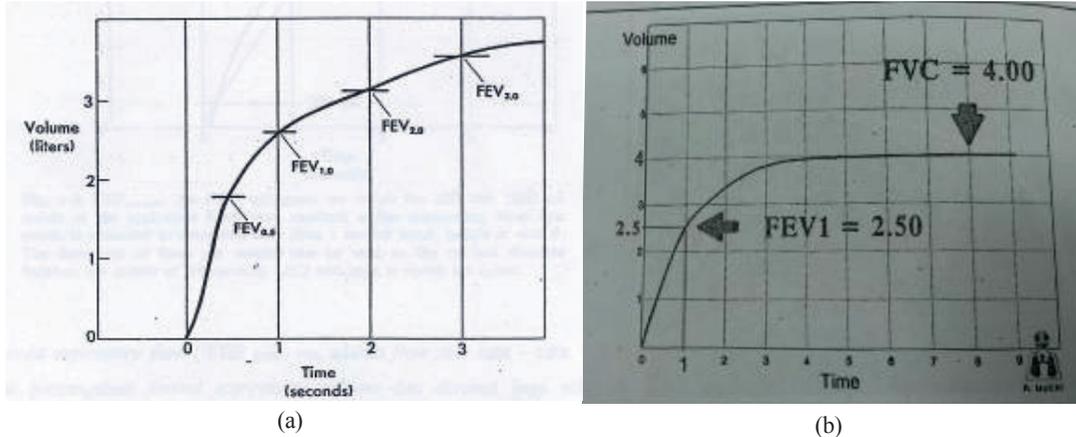
2. *Forced expiratory volume* (FEV_T)

Forced expiratory volume adalah volume gas yang dikeluarkan selama interval waktu yang ditentukan, diukur pada saat melaksanakan pengukuran *forced vital capacity*/FVC. Interval dapat 0.5, 1, 2, atau 3 detik sehingga diperoleh $FEV_{0.5}$; $FEV_{1.0}$; $FEV_{2.0}$ dan $FEV_{3.0}$.^{15,10,16,17}

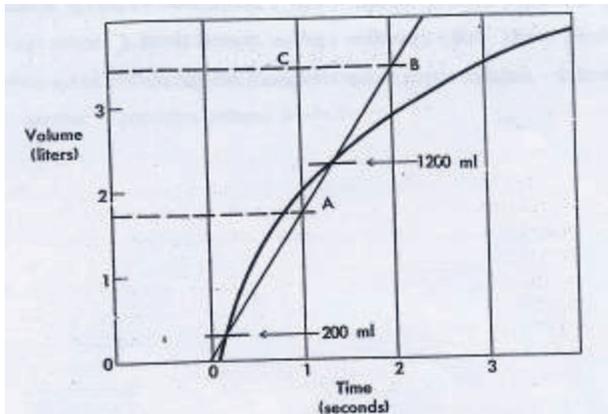
Forced expiratory volume (FEV_1) yaitu jumlah udara yang dapat dikeluarkan sebanyak-banyaknya dalam 1 detik pertama pada waktu ekspirasi maksimal setelah inspirasi maksimal.^{3,4,7,8} Parameter FEV_1 masih merupakan salah satu parameter yang penting, terutama pada laboratorium yang mempunyai fasilitas yang kurang lengkap. Spirogram dari manuver FEV_T dan nilai FVC dapat dilihat pada Gambar 2.

Kelemahan dari FEV_1 : 1) Diperlukan pengertian yang baik dari penderita yang diperiksa sehingga tes ini bisa dilakukan semaksimal mungkin; 2) FEV_1 hanya bisa mendeteksi kelainan di saluran pernapasan besar, tidak bisa mendeteksi adanya kelainan di saluran pernapasan kecil.

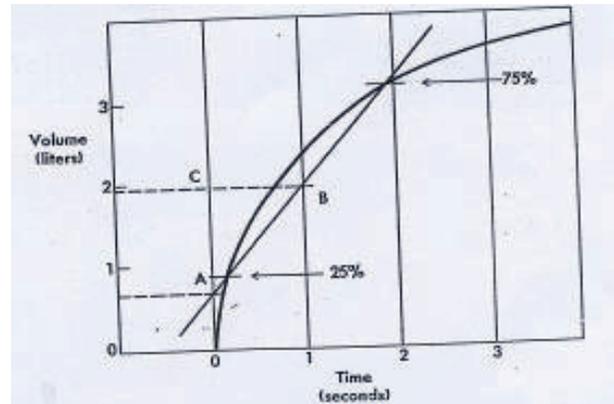
FEV_1 dapat membedakan antara kelainan restriksi dan obstruksi. Pada restriksi nilai absolut FEV_1 menurun dan nilai relatif FEV_1/VC normal. Sedangkan pada obstruksi, terjadi peningkatan tahanan jalan napas sehingga nilai FEV_1 dan ratio FEV_1/VC akan menurun.



Gambar 2 a. Manuver volume ekspirasi paksa. Spirogram dari manuver FEV_T, dengan subjek menghembuskan napas sekuat dan secepat mungkin. Ini menunjukkan FEV di berbagai interval.
 b. Nilai FVC dalam kurva volume-time¹⁸



Gambar 3. FEF₂₀₀₋₁₂₀₀ Sebuah spirogram FEF di mana 200 dan 1200 ml poin dari berakhirnya telah ditandai; garis yang menghubungkan dua titik tersebut diperpanjang untuk menyeberang dua baris dalam waktu 1 detik terpisah, poin A dan B. Laju aliran dalam liter per detik dapat dibaca sebagai jarak vertikal antara titik persimpangan (AC) dan di sini adalah sekitar 1,5 L / detik.



Gambar 4. FEF_{25%-75%} Sebuah spirogram FEV di mana 25% dan 75% poin dari berakhirnya telah ditandai; titik-titik ini ditentukan dengan mengalikan FVC sebesar masing-masing 0,25 dan 0,75. Sebuah garis yang menghubungkan titik-titik ini diperpanjang untuk memotong dua garis dalam waktu 1 detik terpisah, poin A dan B. Laju aliran dalam liter per detik dapat dibaca sebagai jarak vertikal antara titik persimpangan (AC) dalam hal ini sedikit di atas 1 L / detik.

3. Forced expiratory flow₂₀₀₋₁₂₀₀ / FEF₂₀₀₋₁₂₀₀

Forced expiratory flow/ FEF₂₀₀₋₁₂₀₀ adalah flow rate/ rata-rata untuk jumlah liter gas yang dikeluarkan setelah 200 ml gas yang pertama, diukur saat melaksanakan manuver forced expiratory volume dan disebut juga sebagai maximal expiratory flow rate / MEFR₂₀₀₋₁₂₀₀.^{10,16,19} Spirogram FEF₂₀₀₋₁₂₀₀ dapat dilihat pada Gambar 3.

4. Forced expiratory flow_{25%-75%} / FEF_{25%-75%}

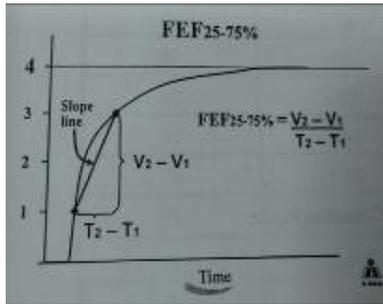
Forced expiratory flow / FEF_{25%-75%} adalah flow rate rata-rata pada saat pertengahan forced expiratory volume dan disebut juga sebagai maximal mid-flow rate/MMFR.^{10,16,19} Spirogram FEF_{25%-75%} dapat dilihat pada Gambar 4 dan perhitungannya dapat dilihat pada Gambar 5.

Interpretasi :

Nilai FEF_{25-75%} yang menurun menunjukkan adanya tahanan yang meningkat pada saluran napas kecil (diameter kurang dari 2 mm).

5. Peak expiratory flow rate (PEFR)

Peak flow adalah flow rate maksimal yang dapat dicapai selama manuver forced expiratory volume. Peak Expiratory Flow Rate (PEFR) atau Arus Puncak Ekspirasi (APE) yang menurun menunjukkan adanya tahanan jalan napas yang meningkat. Hasil ini kurang akurat, sehingga harus dikombinasi dengan pemeriksaan yang lain. Alat ini merupakan sarana pembantu diagnostik yang praktis untuk skrining



Gambar 5 Cara menghitung nilai $FEF_{25-75\%}$

atau *follow up*.^{8,10,19} Spirogram PEFR dapat dilihat pada Gambar 6.

Interpretasi:

Nilai PEFR yang menurun menunjukkan adanya tahanan jalan napas yang meningkat. Hasil ini dikombinasikan dengan hasil-hasil pemeriksaan faal paru yang lain.

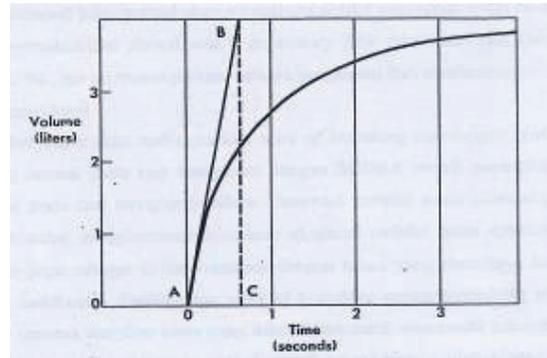
6. **Maksimal voluntary ventilation/ MVV/ MBC**

Maximal voluntary ventilation (MVV) atau yang disebut juga dengan *Maximal Breathing Capacity* (MBC) adalah volume maksimal yang dihirup selama 1 menit dengan usaha/ *voluntary effort*. Disini penderita diminta untuk menghirup dan menghembuskan napas sedalam-dalamnya dan secepat-cepatnya selama kurang lebih 10-30 detik dengan eksplorasi selama satu menit akan didapatkan MBC. Penderita disudiminta bernapas dalam dan cepat, dengan RR 40-60/menit, dengan ekstrapolasi selama satu menit akan didapatkan MBC. Nilainya sangat dipengaruhi oleh perubahan *compliance* dan resistensi saluran napas. Kimograph dijalankan dengan kecepatan 1920/menit.^{8,10,19} Spirogram MVV dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.

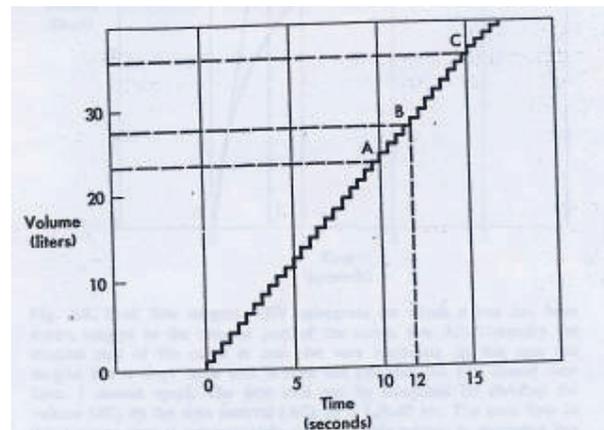
Tes yang sederhana ini dapat menunjukkan efek total dari sifat mekanik paru dan dinding toraks, dan dipengaruhi oleh tahanan non elastik, meskipun tahanan elastik bisa juga mempengaruhi dalam porsi yang kecil. Pada keadaan obstruksi dan retriksi didapatkan penurunan MVV / MBC. Pada restriksi VC dan MVV turun dalam presentasi yang hampir sama, sedangkan pada obstruksi penurunan MVV lebih jelas dari VC. Hasil tes ini masih kurang begitu akurat karena banyak dipengaruhi oleh kerja sama yang baik antara penderita dan pemeriksa.

Interpretasi:

Tes MVV ini merupakan tes yang sederhana yang dapat menunjukkan total efek dari sifat mekanik paru dan dinding toraks. Pada obstruksi dan restriksi didapatkan penurunan dari MVV. Pada gangguan restriksi, VC dan MVV menurun dalam prosentase yang hampir sama. Sedangkan pada gangguan obstruksi didapatkan penurunan MVV yang lebih jelas daripada VC.



Gambar 6. Puncak arus singgung. FEV spirogram yang telah ditarik garis bersinggungan dengan bagian curam dari kurva, garis AB. Biasanya bagian curam dari kurva dekat awal. Dalam hal ini garis singgung memiliki kemiringan sedemikian rupa sehingga tidak memotong dua garis waktu terdekat, 1 detik terpisah. Laju aliran dapat dihitung dengan membagi volume (BC) dengan interval waktu (AC), atau $4 \text{ L} / 0.67 \text{ detik}$. Aliran puncak dalam hal ini kemudian adalah sekitar $6 \text{ L} / \text{detik}$. Metode ini agak kurang tepat, terutama pada individu normal, yang arus puncak sering melebihi $10 \text{ L} / \text{detik}$.



Gambar 7. Ventilasi sukarela maksimal. MVV spirogram yang volume total diplot terhadap waktu. Karena MVV dinyatakan sebagai laju aliran dalam liter per menit, nilai-nilai untuk 10, 12, dan 15 detik harus diekstrapolasi untuk 1 menit. Oleh karena itu $MVV_{10} \times 6 = MVV \text{ (L / menit)}$, $MVV_{12} \times 5 = MVV \text{ (L / menit)}$, $MVV_{15} \times 4 = MVV \text{ (L / min)}$. Subjek normal akan mempertahankan laju aliran MVV sama pada 10, 12, dan 15 detik. Pasien dengan penyakit paru akan menunjukkan penurunan nilai absolut, dan seringkali MVV_{12} dan MVV_{15} akan jauh lebih kecil daripada MVV_{10} karena kelelahan otot pernafasan, peningkatan kerja pernafasan, dll

7. **Rasio FEV_1/FVC**

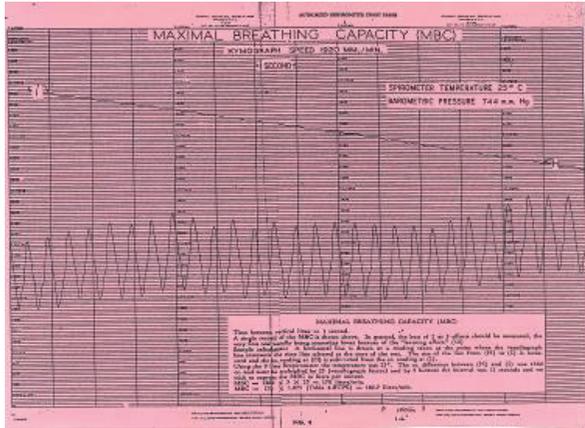
Volume ekspirasi paksa dalam 1 detik cepat sebagai presentase dari kapasitas vital paksa. Hasil volume udara ekspirasi pasien pada 1 detik sebagai persentase dari volume total dari udara pada saat ekspirasi.

Rasio FEV_1/FVC dijumlahkan dengan menggunakan nilai FEV_1 terbesar dan nilai FVC terbesar walaupun FEV_1 dan FVC tidak dalam satu jalur.

Cara menentukan nilai FEV₁/FVC% :

- a. Tentukan nilai FEV₁ terbesar
- b. Tentukan nilai FVC terbesar
- c. Membagi nilai FEV₁/FVC
- d. Dikalikan 100 untuk mendapatkan persentase

$$FEV_1/FVC\% = \frac{FEV_1}{FVC} \times 100$$



Gambar 8. Maximal voluntary ventilation (MVV) Maximal breath capacity (MBC)

Interpretasi Pada Gangguan Obstruksi Dan Retriksi

Pemeriksaan faal paru dapat dilakukan dengan pemeriksaan spirometri sederhana ataupun dengan spirometri yang canggih seperti *bodypletyismography*. *Bodypletyismograph* merupakan alat yang dapat mengukur volume paru lebih lengkap daripada spirometri konvensional.^{13,17}

Tes faal paru dilakukan dengan menilai fungsi ventilasi, difusi gas, perfusi darah paru dan transport gas O₂ dan CO₂ dalam peredaran darah. Untuk uji skrining, biasanya penilaian faal paru seseorang cukup dengan melakukan uji fungsi ventilasi paru. Untuk menilai fungsi ventilasi digunakan spirometer untuk mencatat grafik pernapasan berdasarkan jumlah dan kecepatan udara yang keluar atau masuk ke dalam spirometer.¹

Gangguan ventilasi terdiri atas: gangguan restriksi dan gangguan obstruksi. Restriksi adalah gangguan pada pengembangan paru oleh sebab apapun. Pada gangguan restriksi, paru menjadi kaku sehingga daya tarik kedalam lebih besar maka dinding dada mengecil. Volume paru

menjadi mengecil dan sela iga menyempit. Sebagai parameter yang diukur adalah VC. Nilai normal VC 80%-120% prediksi. VC kurang dari 80% nilai prediksi dianggap gangguan restriksi. VC 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.^{7,20}

Pada gangguan obstruksi, menunjukkan adanya penurunan kecepatan aliran ekspirasi dan kapasitas vital normal. Pada obstruksi, aliran udara lebih hebat. Pada obstruksi,

aliran udara lebih hebat, kapasitas vital mungkin turun sebagai akibat terperangkapnya udara. Sebagai contoh pada penyakit asma, bronkhitis kronik, dan emfisema merupakan penyakit-penyakit obstruktif yang paling banyak kita temukan. Respon terhadap terapi bronkodilator harus dievaluasi. Peningkatan kapasitas vital setelah inhalasi bronkodilator biasanya dianggap menunjukkan respon yang baik terhadap terapi bronchodilator yang diberikan.^{2,10,17}

Nilai FEV₁, yang banyak dipakai adalah FEV₁/FVC, abnormal bila <80%, rasio FEV₁/ FVC < 80 %. Parameter ini sangat penting karena tingkat akurasi untuk obstruksi di sentral airway cukup besar. FEV₁/FVC akan normal apabila FVC nya sangat rendah. Klasifikasi gangguan fungsi paru berdasarkan spirometry dapat dilihat pada Tabel 1.

Berdasarkan nilai fungsi ventilasi, dapat ditentukan beberapa data tentang ventilasi paru berikut:^{1,4,5,17}

- a. Penilaian pola ventilasi. Data dapat dipakai untuk menilai frekuensi nafas tiap menit dan amplitude pernapasan atau volume tidal dan rasio inspirasi-ekspirasi.
- b. Penilaian kecepatan aliran udara ekspirasi paksa diukur adalah kecepatan aliran udara ekspirasi paksa. Penderita disuruh menghirup udara nafas sebanyak-banyaknya kemudian meniupkan udara sekuat-kuatnya dan secepat-cepatnya ke dalam spirometer. Analisis menggunakan spirogram dapat diperoleh data mengenai: kapasitas vital paksa/ FVC (satuan mililiter), volume ekspirasi paksa satu detik pertama/ FEV₁ (satuan mililiter), kecepatan aliran ekspirasi paksa maksimal/ MVV (satuan liter/ menit), aliran tengah maksimal/ PEFr (satuan liter/ menit), nilai % FEV₁ (volume ekspirasi paksa detik pertama) dan % FVC (kapasitas vital paksa), untuk menentukan status faal paru penderita yang diperiksa.

Tabel 1. Klasifikasi gangguan fungsi paru berdasarkan spirometri⁴

Kelas	Derajat Kerusakan	Restriktif		Obstruktif	
		VC%	FEV ₁ /FVC	VC%	FEV ₁ /FVC
0	Normal	> 80	>75	>80	>75
I	Ringan	60-80	>75	>80	60-75
II	Sedang	50-60	>75	>80	40-60
III	Berat	35-50	>75	>80	<40

Dengan membandingkan nilai % FEV₁ terhadap nilai FVC, maka status faal paru penderita yang diperiksa dapat diketahui apakah: normal, obstruktif, restriktif serta campuran obstruktif dan restriktif.

Akseptibilitas/ *Acceptability*

Akseptibilitas terhadap kasus faal paru dinamis adalah sebagai berikut:^{1,4,11,18}

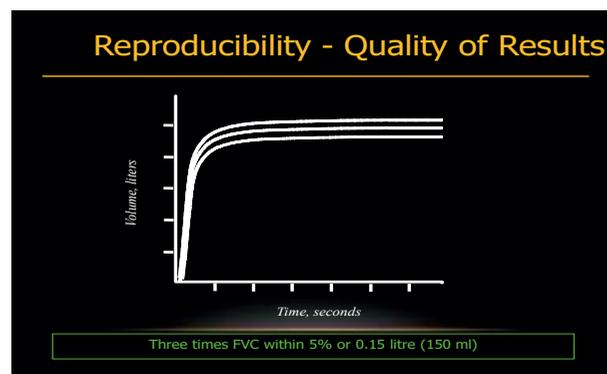
- Tanpa permulaan ekspirasi yang baik, dimulai dengan terlalu ragu-ragu atau permulaan yang salah atau volume yang diharapkan kembali lebih dari 5% dari nilai FVC atau 0,150L.
- Tanpa disertai batuk selama manuver 1 detik pertama, sehingga dapat mengukur nilai FEV₁ sehingga bisa mendapatkan hasil yang akurat.
- Tidak boleh mengakhiri ekspirasi lebih awal sebelum waktunya.
- Tanpa adanya penutupan glotis (Valsava Maneuver) atau manuver yang berlebihan yang dapat menyebabkan aliran udara yang berlebihan sehingga tidak bisa mendapatkan hasil FEV₁ atau FVC yang akurat.
- Tidak boleh ada kebocoran.

- Tidak ada hambatan pada mouthpiece (misalkan hambatan karena lidah harus disingkirkan dari mouthpiece, atau gigi yang ada di depan mouthpiece, atau mouthpiece yang rusak karena gigitan).
- Tanpa adanya napas tambahan selama dilakukan manuver.

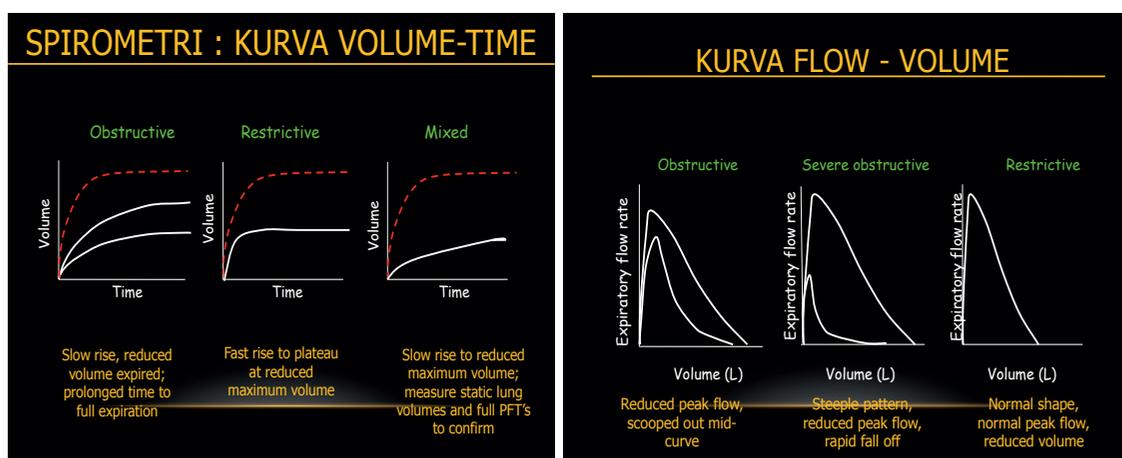
Supaya hasil yang didapatkan akurat, pada waktu pemeriksaan pemeriksa harus melihat apakah penderita mengerti instruksi yang dijelaskan dan melakukan manuver dengan inspirasi maksimal, permulaan yang baik, ekspirasi yang terus menerus, serta usaha yang maksimal. Nilai yang diambil dilihat dari bentuk grafik (awalnya cepat, puncaknya tinggi) dan nilai FVC yang besar.^{1,18}

Reproduksibilitas/ *Reproducibility*

Setelah didapatkan 3 manuver yang dapat diterima, FVC reproduksibel bila antara 2 nilai terbesar terdapat perbedaan kurang dari 5 % FVC terbesar atau kurang dari 100 cc dan perbedaan 2 nilai FEV₁ terbesar kurang dari 5 % FEV₁ paling besar atau kurang dari 100cc. Kurva reproduksibilitas hasil spirometry dan volume-time dan flow-volume dapat dilihat pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Kurva reproduksibilitas hasil spirometri¹¹



Gambar 10. Kurva spirometri volume-time dan flow-volume¹¹

RINGKASAN

Pemeriksaan faal paru bertujuan untuk menilai suatu fungsi paru dan membantu dalam membuat diagnosis spesifik. Dari anamnesa riwayat klinis, pemeriksaan fisik, foto toraks dan pemeriksaan laboratorium dapat ditambahkan dengan hasil pemeriksaan spirometri ini sehingga dapat menegakkan diagnosis penyakit paru. Spirometer tidak dapat membuat diagnosis spesifik namun dapat menentukan adanya gangguan obstruktif dan restriktif serta dapat memberi perkiraan derajat kelainan.

Pemeriksaan faal paru dinamis atau fungsi ventilasi dilakukan dengan alat spirometer. Dengan pemeriksaan spirometri dapat diketahui atau ditentukan semua volume dinamis seperti FEV_T, FVC, PEF_R, MBC, FEF₂₀₀₋₁₂₀₀, FEF₂₅₋₇₅.

Pada gangguan obstruksi, menunjukkan adanya penurunan kecepatan aliran ekspirasi dan kapasitas vital normal. Pada obstruksi, aliran udara lebih hebat, kapasitas vital mungkin turun sebagai akibat terperangkapnya udara.

Nilai FEV₁, yang banyak dipakai adalah FEV₁/FVC, abnormal bila <80%, rasio FEV₁/FVC < 80%. Parameter ini sangat penting karena tingkat akurasi untuk obstruksi di sentral airway cukup besar. FEV₁/FVC akan normal apabila FVC nya sangat rendah.

Terdapat beberapa parameter faal paru dinamis yang dapat memberikan interpretasi jenis gangguan pada paru. Pada gangguan obstruktif secara umum terjadi penurunan volume dinamis paru. Parameter yang cukup bermakna yaitu ratio FEV₁/FVC, PEF_R, dan FEF₂₅₋₇₅. Ratio FEV₁/FVC sangat penting karena tingkat akurasi untuk obstruksi di sentral airway cukup besar, sedangkan FEF₂₅₋₇₅ menunjukkan adanya obstruksi di saluran napas kecil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yunus F. Sistem Pernapasan dan Fungsi Paru. In: Jakarta: Workshop Respiratory Physiology; 1997.
2. Herman D. *Spirometri*. Padang: : Bagian Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi FK Unand; 2016.
3. Amin M. *Peranan Laboratorium Faal Paru Klinik*. Bagian Paru RSUD Dr. Soetomo Surabaya; 1983.
4. Amin M. Pemeriksaan dan Interpretasi Faal Paru. In: Surabaya: PKB Pulmonologi dan Ilmu Kedokteran Respirasi; 2013.
5. Dweik R, Carthy K. Pulmonary Function Testing. <http://www.Emedicine.com>. Published 2004.
6. Fraser R, Pare P. *Methods of Functional Investigation*. (Fraser R, Pare P, Colman N, eds.). Chest 4 ed; 1999.
7. Gold W. *Pulmonary Function Testing*. 3 ed. (Murray J, Nadel J, eds.). Philadelphia: Saunder Company; 2000.
8. Menaldi R. *Prosedur Tindakan Bidang Paru Dan Pernapasan: Diagnosa Dan Terapi*. Jakarta: Balai Penerbit FKUI; 2001.
9. Gregg R. *Pulmonary Function Testing Equipment, in Manual of Pulmonary Function Testing*. Saint Louis: The C.V Mosby Company; 1975.
10. Collins W. *Instruction for Use of the Collins Respirometer and for Calculation and Interpretation of Data in Pulmonary Function and Basal Metabolism Testing; in Clinical Spirometry*. Massachusetts: warren E. Collins, Inc, Boston 15; 1963.
11. Guyton A. *Textbook of Medical Physiology*. 8 th. Philadelphia: WB Saunders; 2004.
12. Yunus F, Wiwien H. Pemeriksaan Spirometri. In: Makasar: Pertemuan Ilmiah Khusus (PIK) ke X PDPI; 2003:1-4.
13. Initiative G, Strategy G, Management A. Global Strategy for Asthma Management and Prevention (2016 update). 2016.
14. Kasper E al. *Respiratory Function And Pulmonary Diagnostic Procedures in Harrison Manual of Medicine 16th*. McGraw Hill Medical Publishing Division; 2005.
15. Feng, Y and Yang Z. Pneumoconiosis: High-resolution CT Characteristics and Pathophysiology. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue ZaZhi*. 2010;27:219-221.
16. Crapo R. *Pulmonary Function Testing in Glassroth*. 7 th. Philadelphia: Baum's Textbook of Pulmonary Diseases; 2004.
17. West JB. *Patofisiologi Paru Esensial*. Jakarta: Balai Penerbit Buku Kedokteran EGC; 2010.
18. Harpreet R, Michael W, Brendan M. Pulmonary Function Tests. *Ulster Med J*. 2011;80 (2):84-90. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3229853/>.
19. Enright PL, Studnicka M, Zielinski J. Spirometry to detect and manage chronic obstructive pulmonary disease and asthma in the primary care setting. 2005:1-14.
20. Knowledge U, Respirology IN. Update knowledge in respirology. 2014;1 (1):35-38. http://www.respirologi.com/upload/file_1455185923.pdf.