

FAAL RESPIRASI 1

Dinamika Pernapasan

dr. Annisa'Hasanah, Sp.A, M.Si

Fakultas Kedokteran UMM



FUNGSI UTAMA RESPIRASI

VENTILASI

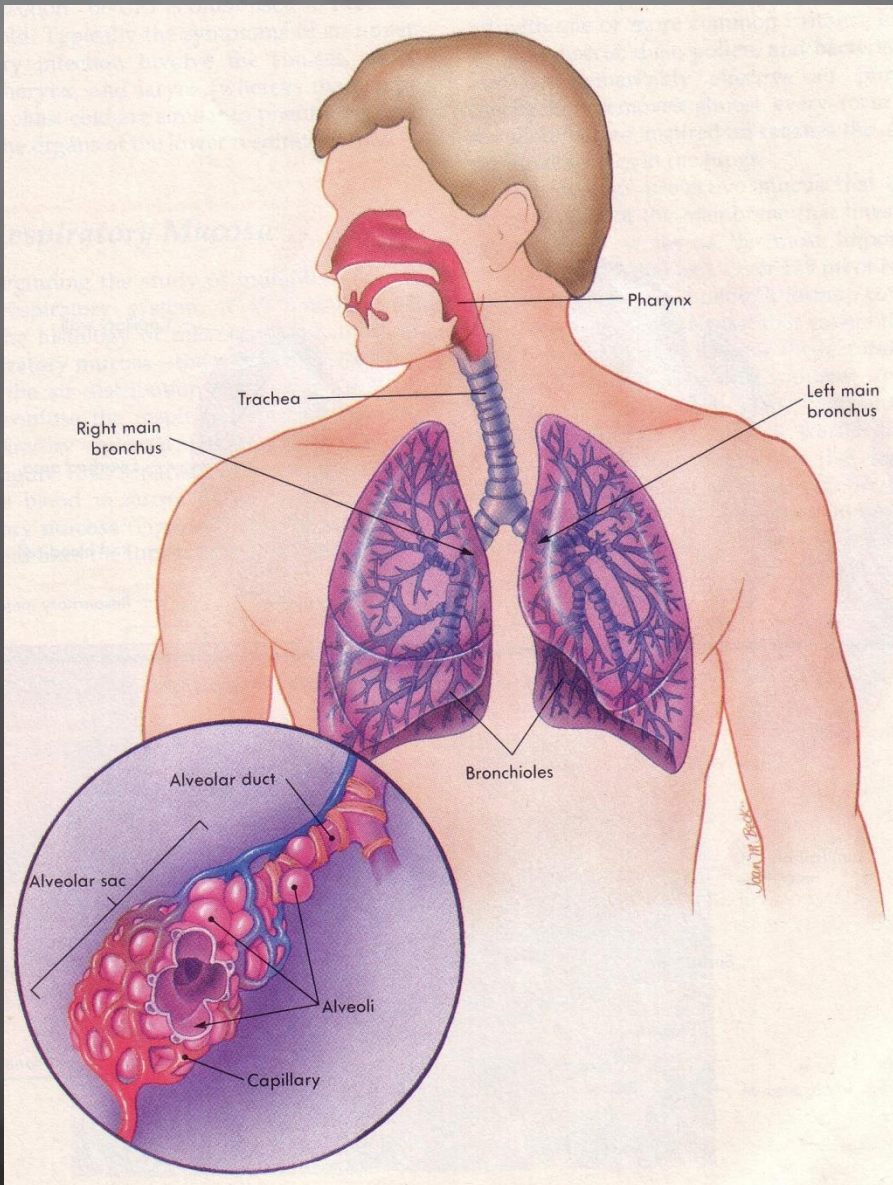
Memperoleh O₂ untuk digunakan oleh sel tubuh dan mengeluarkan CO₂ yang diproduksi oleh sel

Sistem Respirasi → Sistem penyediaan O₂ tubuh

Fungsi sistem respirasi

1. Melakukan pertukaran gas antara atmosfer dan darah
2. Membantu proses pembentukan ATP di dalam sel → respirasi oksidatif
3. Regulasi pH darah → $\text{CO}_2 \uparrow$ pH darah \downarrow
4. Proteksi (barier fisik) thd patogen dan iritan
5. Vokalisasi (pembentukan suara)

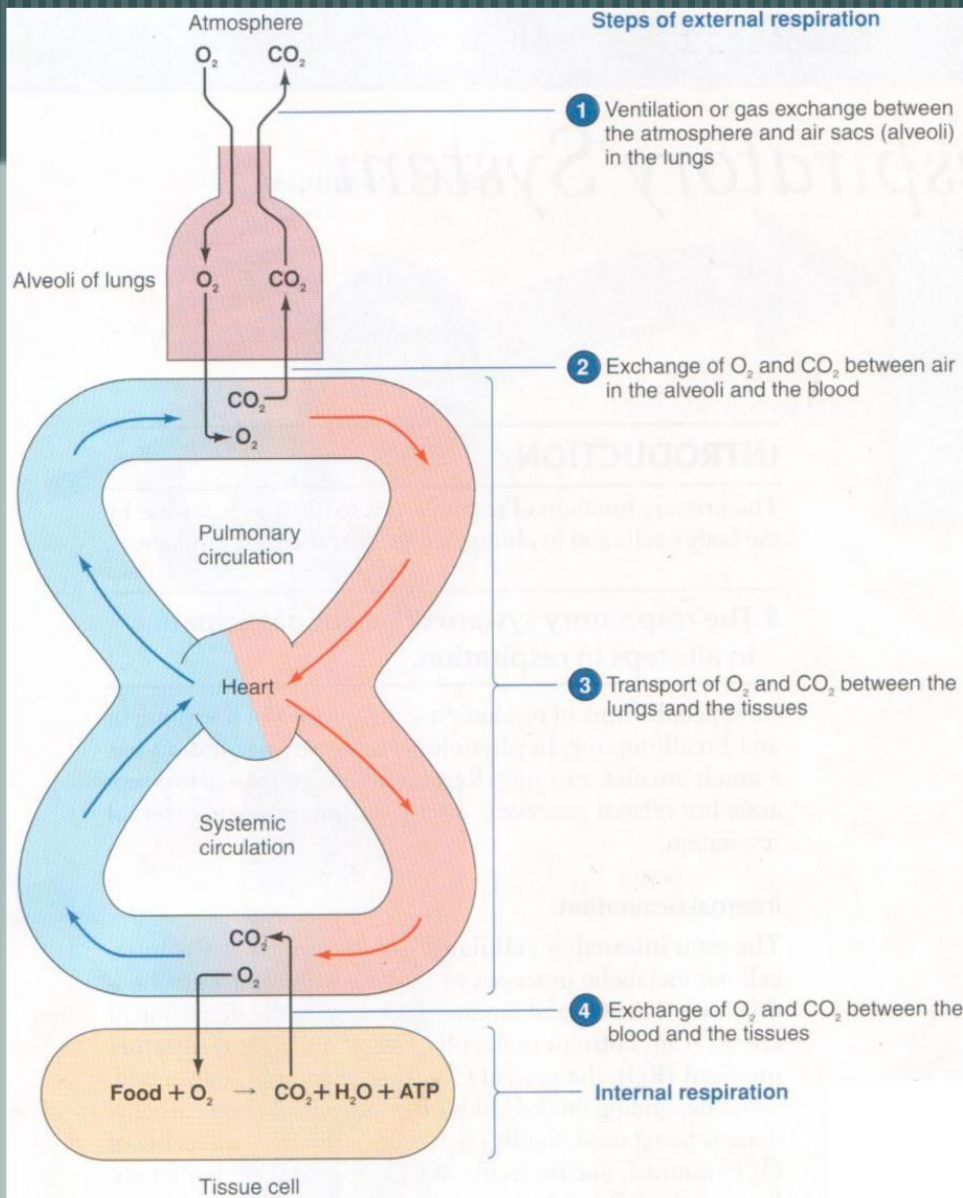
STRUKTUR SALURAN NAFAS



4 komponen dasar sistem respirasi :

1. Paru
2. Dinding thorax → keras tapi fleksibel
3. Jalan nafas
4. Gas → komponen utama sistem respirasi

Respirasi Eksternal - Internal



1. Respirasi eksternal : pertukaran gas antara atmosfer dan sel tubuh
2. Respirasi internal : proses oksigen intraseluler dalam pembentukan ATP

Respirasi Eksternal meliputi :

1. Ventilasi
2. Pertukaran O_2 dan CO_2 antara udara di alveolus paru dan darah di kapiler paru
3. Transport O_2 dan CO_2 oleh darah antara paru dan jaringan
4. Pertukaran gas antara darah di kapiler sistemik dan jaringan

Berdasar fungsinya



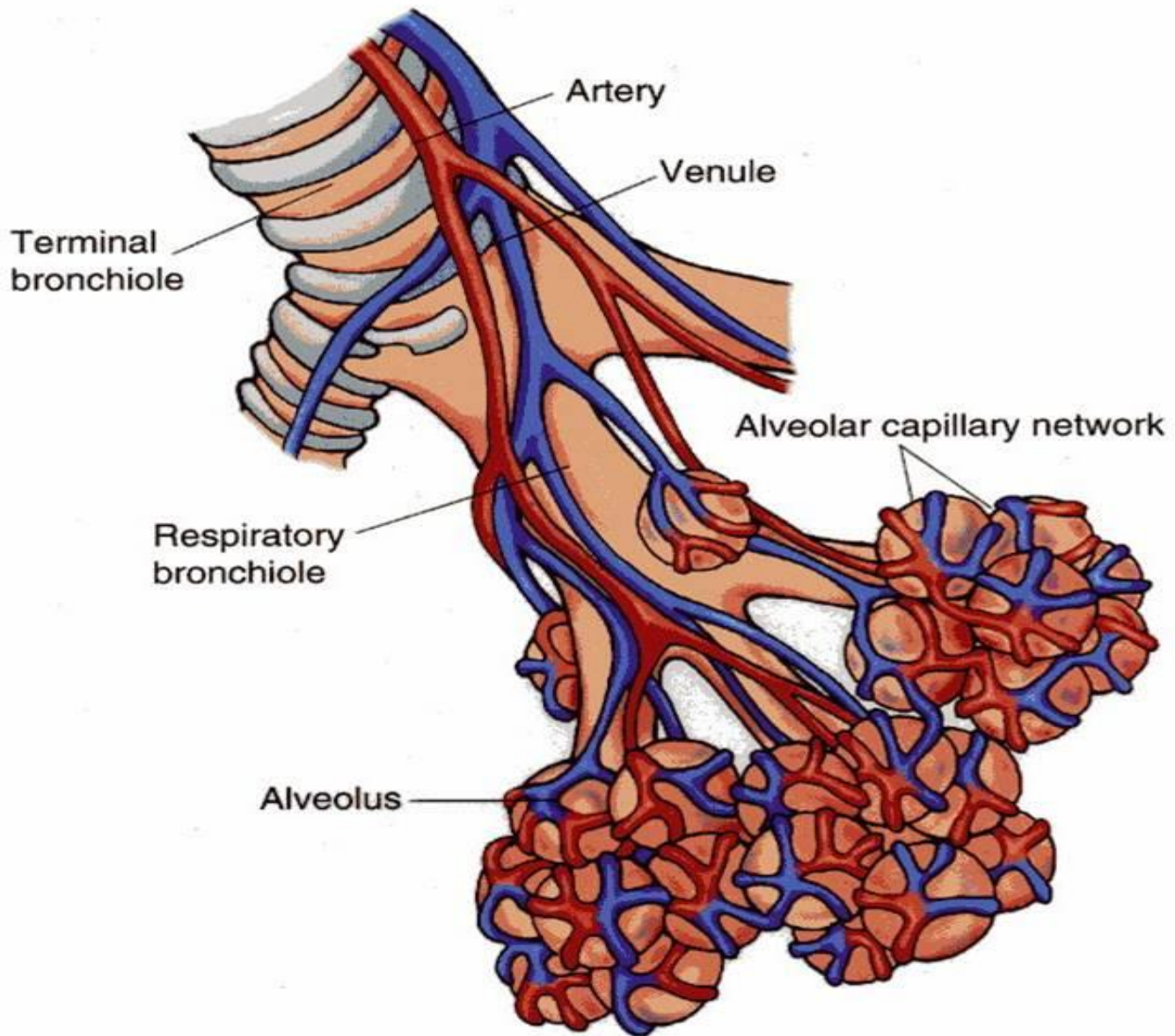
Area konduksi:

sepanjang saluran nafas
berakhir sampai bronchioli
terminalis



Area fungsional atau respirasi :

mulai bronchioli respiratori
sampai alveoli



VENTILASI

INSPIRASI

EKSPIRASI

Rongga dada, Vol paru, Tekanan udara paru

VENTILASI

- **Ventilasi pulmonal** : Masuk keluarnya udara antara atmosfer dengan alveoli paru
- Bila rongga dada mengembang → vol. paru ↑, tekanan udara paru ↓ → udara luar akan masuk paru (**inspirasi**)
- Bila volume thorax ↓, volume paru juga ↓, tekanan ↑ sehingga udara keluar dari paru-paru (**ekspirasi**)

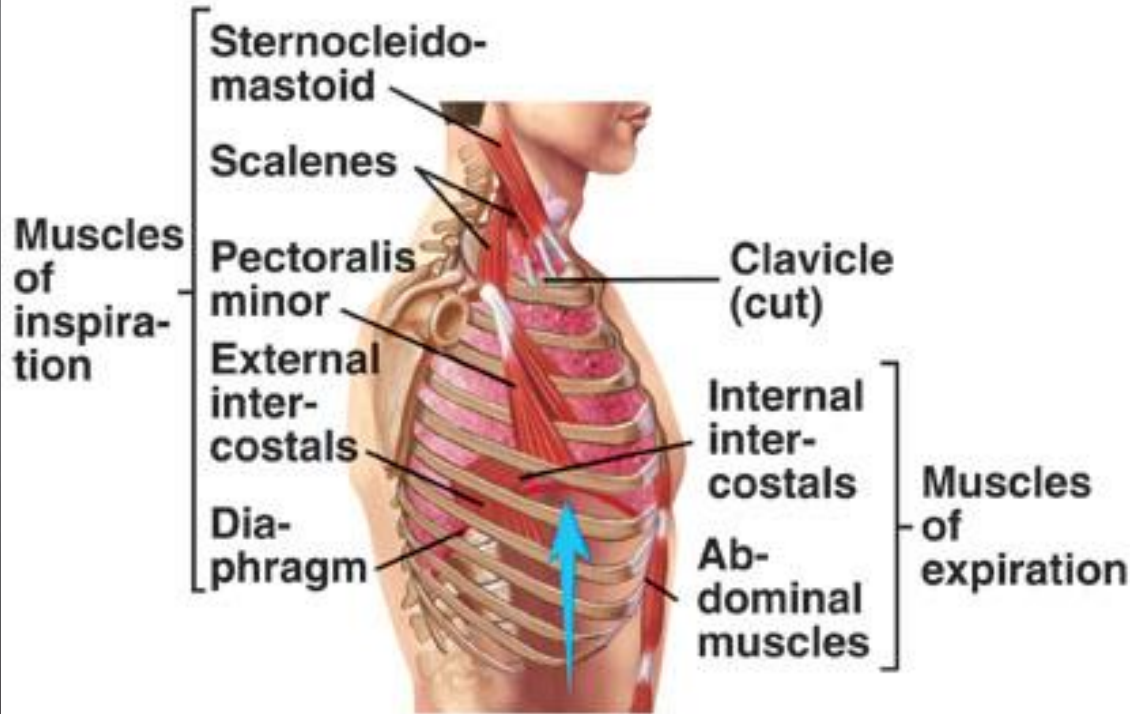
- Pada pernafasan normal (*quiet breathing* = **eupnea**), inspirasi berlangsung aktif → kontraksi otot
Pd ekspirasi berlangsung pasif → daya elastisitas (*elastic recoil*) jaringan
- Saat *exercise* → secara sadar melakukan ekspirasi lebih kuat, terdapat tambahan aktifitas kontraksi otot

- ***Otot yang berkerja saat inspirasi normal*** untuk mengembangkan cavum thorax:
 - M. Diafragma, berkontraksi menjadi datar.
 - M. Intercostalis externa (levator costae) meregangkan costa dan sternum ke depan
- ***Saat inspirasi dalam selain kontraksi*** ke dua otot di atas, ditambah;
 - M. Sternocleido Mastoideus → superoinferior
 - M. Scalenus dan M. Pectoralis Major → jarak lateral kanan kiri thorax

- **Pada saat ekspirasi normal (*quiet ekspirasi*)** berlangsung pasif (*passive elastic recoil*), terjadi relaksasi musculus:
 - M. Diafragma → melengkung ke atas (superior)
 - M. Intercostalis eksterna → sternum kembali ke posisi istirahat
- ***Sedang pada ekspirasi kuat (dalam) terjadi kontraksi :***
 - M. Intercostalis interna
 - M. Rectus abdominalis
 - M. Tranversus abdominis
 - M. Obligus eksterna
 - M. Obligus interna

Isi abdomen menekan diafragma ke atas

End of expiration

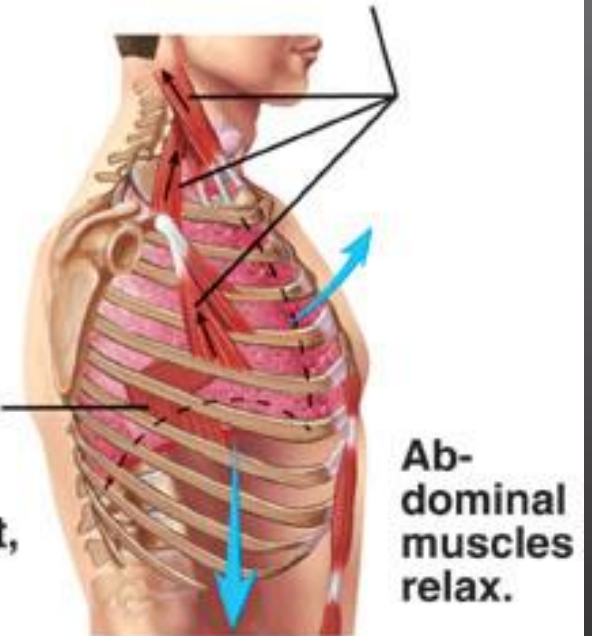


Diaphragm relaxed

(a)

End of inspiration

Labored breathing:
Additional muscles contract, causing additional expansion of the thorax.



Quiet breathing:
The external intercostal muscles contract, elevating the ribs and moving the sternum.

Abdominal muscles relax.

The diaphragm contracts, increasing the superior-inferior dimension of the thoracic cavity.

(b)

JALAN NAFAS

- Konsep :
 1. Jalan napas dari hidung sampai ke ujung (alveoli) makin mengecil diameternya → Fenomena tiup balon
 2. Jalan napas dari hidung sampai ke ujung (alveoli) makin bercabang banyak
 3. Keberadaan cincin tulang rawan dari pangkal jalan napas s/d cabang akhir dari bronkus (bronchiolus terminalis) → ??

JALAN NAFAS

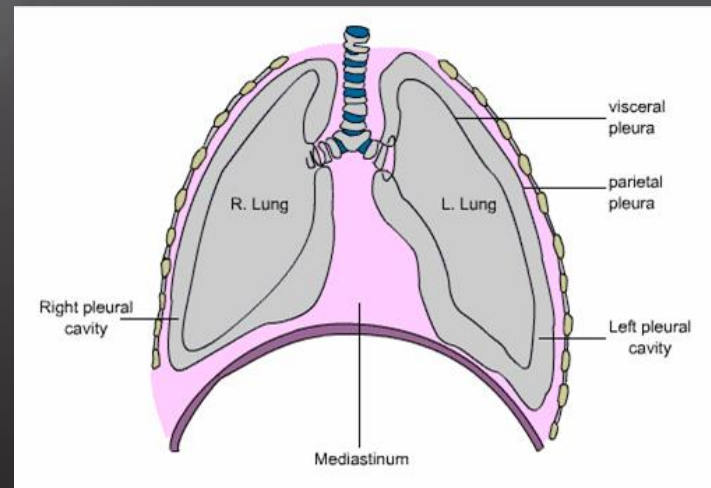
1. Hidung/mulut
2. Pharynx : persimpangan sistem saluran cerna dan respirasi
3. Larynx : terdapat pita suara → bicara, mengejan, batuk
4. Trachea : 15-20 cincin kartilago bentuk C
5. Bronchi (tunggal : bronkus) → tube semirigid yg diperkuat tulang rawan (tak dpt kolaps, dpt mengecil sedikit)
6. Bronchioli : dapat kolaps + otot polos
Bronchioli terminalis → tulang rawan (+)
Bronchioli respiratorik → tulang rawan (-)
7. Alveoli

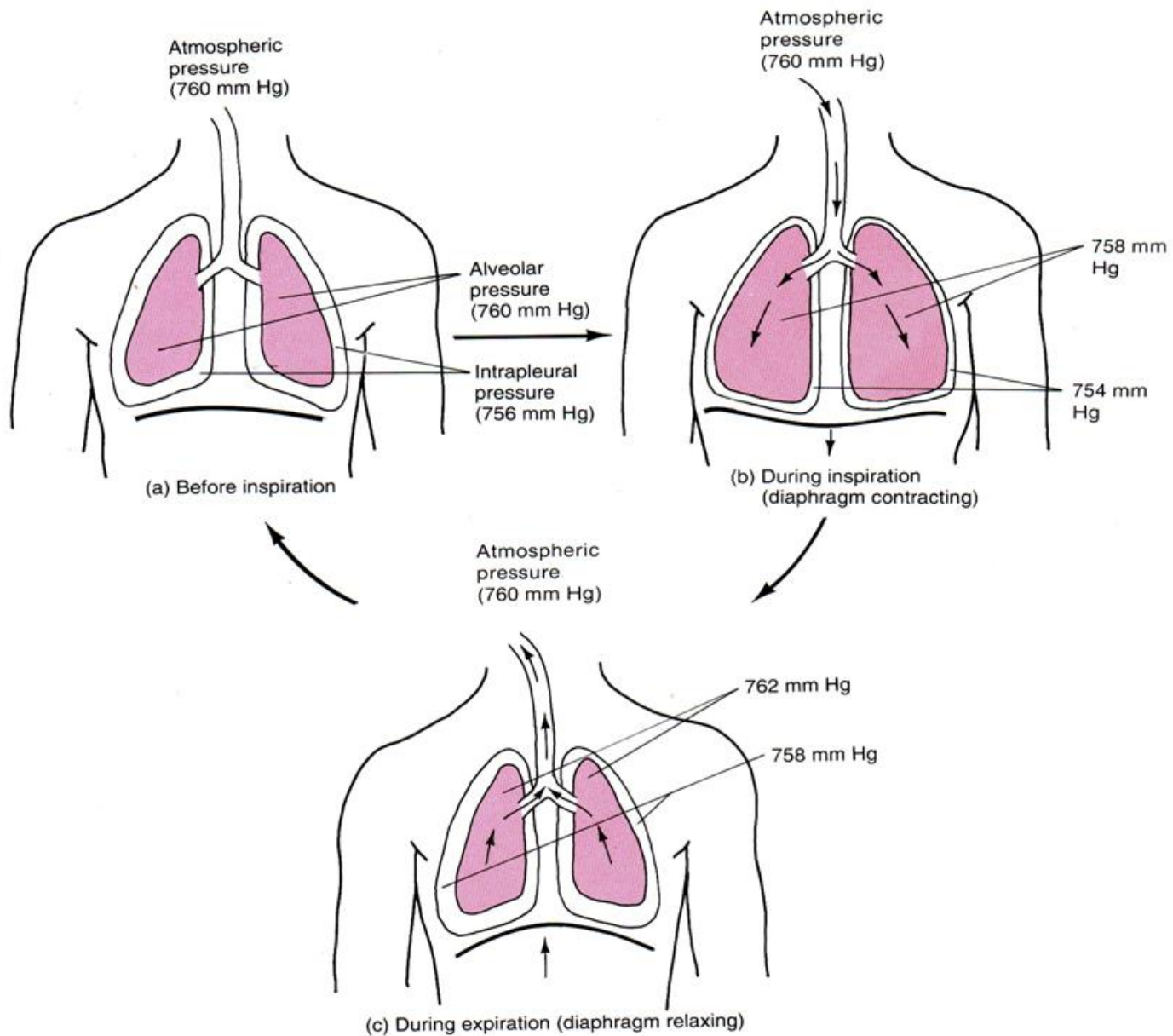
Fungsi Saluran Nafas Bagian Atas

- Sebagai saluran nafas dan AIR CONDITIONING :
 1. Warming → 37 C, alveoli rusak o/ udara dingin
 2. Humidifying → udara mencapai trachea 37 C dan kelembaban 100%, via mulut tdk efektif
 3. Filtering
 - sel goblet → epitel bersilia menghasilkan mukus
 - mukus → partikel, Ig → mikroorganisme (-)
 - silia → mukus ke pharynx, ditelan → asam lambung+enzim → mikroorganisme sisa (-)
 - PEROKOK???
 - meningkatkan prevalensi rhinitis alergi*

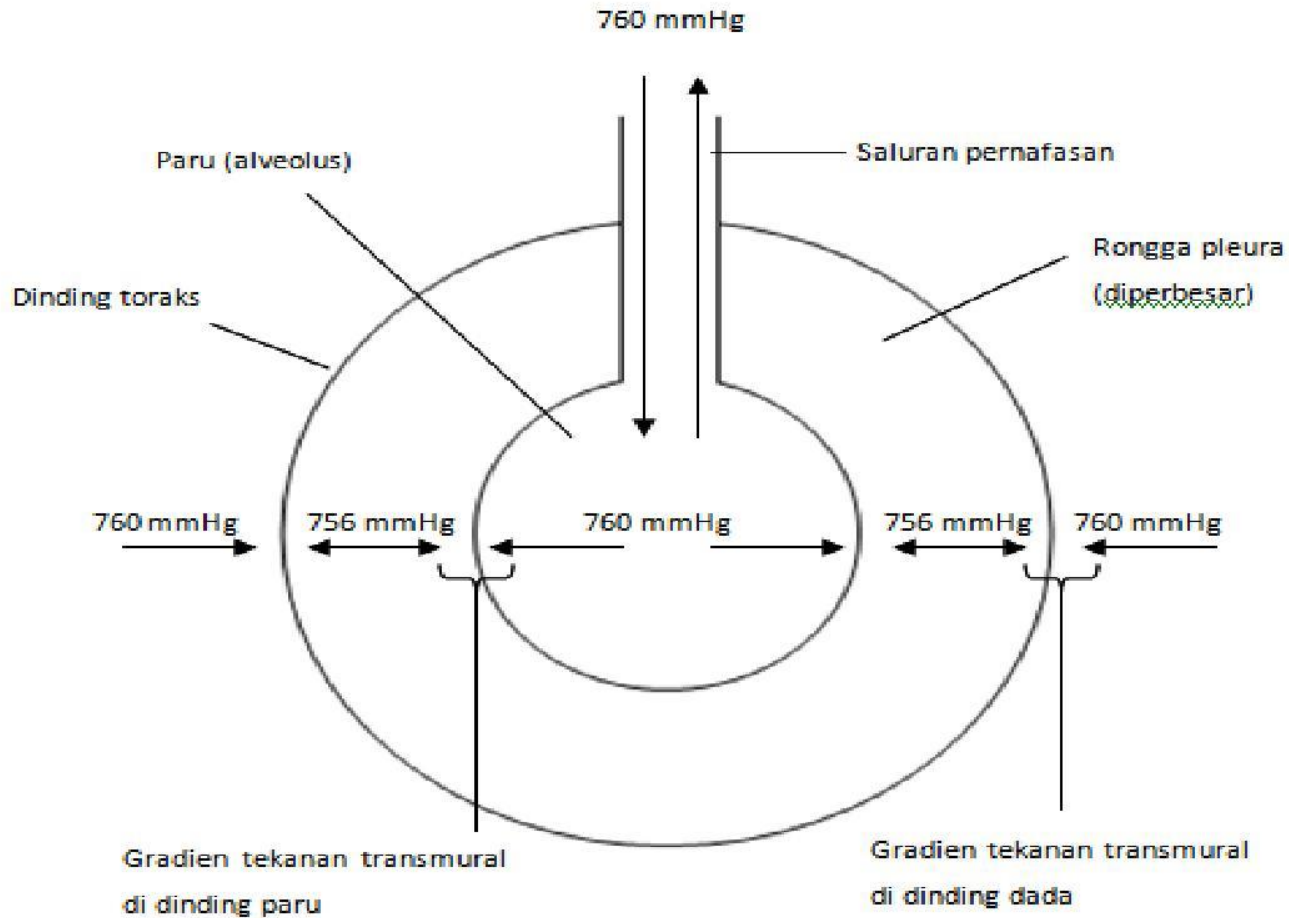
Rongga Pleura

- Terisi \pm 3 ml cairan pleura yg berfungsi :
 1. Pelicin \rightarrow mengurangi gesekan antar pleura
 2. Mempertahankan paru tetap rapat pada dinding thorax \rightarrow analog 2 lembar kaca





GRADIEN TEKANAN TRANSMURAL



Compliance Paru

- *Compliance (stretchability)* = kemampuan paru untuk teregang = daya kembang
- Menunjukkan hubungan perubahan volume paru dan tekanan yang menyebabkan perubahan
- $C = \frac{\Delta V}{\Delta P} \rightarrow$ Perubahan volume paru akibat satu unit perubahan tekanan

Compliance Paru

- *Compliance* berpengaruh pada *Vital Capacity*
Makin besar $C \rightarrow VC >$
- *Compliance* paru yang tinggi \rightarrow lebih mudah teregang
- *Compliance* paru yang rendah \rightarrow otot pernapasan butuh lebih banyak energi untuk meregangkannya

Compliance paru ↓ :

- kerusakan jar. paru : fibrosis
oedema
- obstruksi bronchiolus
- produksi surfaktan pada alveoli tidak adekuat

Elastance Paru

- *Elastance (Elasticity)* : kemampuan untuk kembali ke keadaan semula
- Emphysema : serat elastin pada jaringan paru rusak → compliance ↑ (mudah teregang saat inspirasi), elastance ↓ (sukar balik asal pada ekspirasi)
- *Restrictive lung disease* : paru kaku. *Compliance* ↓, butuh energi >>

- Konsep :
 - *Compliance* dan *Elastance* membentuk keseimbangan gaya dalam paru yang disebut dengan gaya *recoil*
 - Gaya *Recoil* : resultante dari *compliance* dan *elastance*
 - *Recoil* ↑ : paru sulit mengembang, volume paru ↓ (inspirasi memendek) → sesak inspirasi
 - Misal : Paru yg fibrosis → pneumonia, TBC
 - *Recoil* ↓ : paru mudah mengembang, volume paru ↑ (inspirasi memanjang) → sesak ekspirasi
 - Misal : Paru yg mengalami proses kronis/penuaan → emphysema
 - *Recoil* membatasi periode inspirasi dan mencegah *overstretching* paru

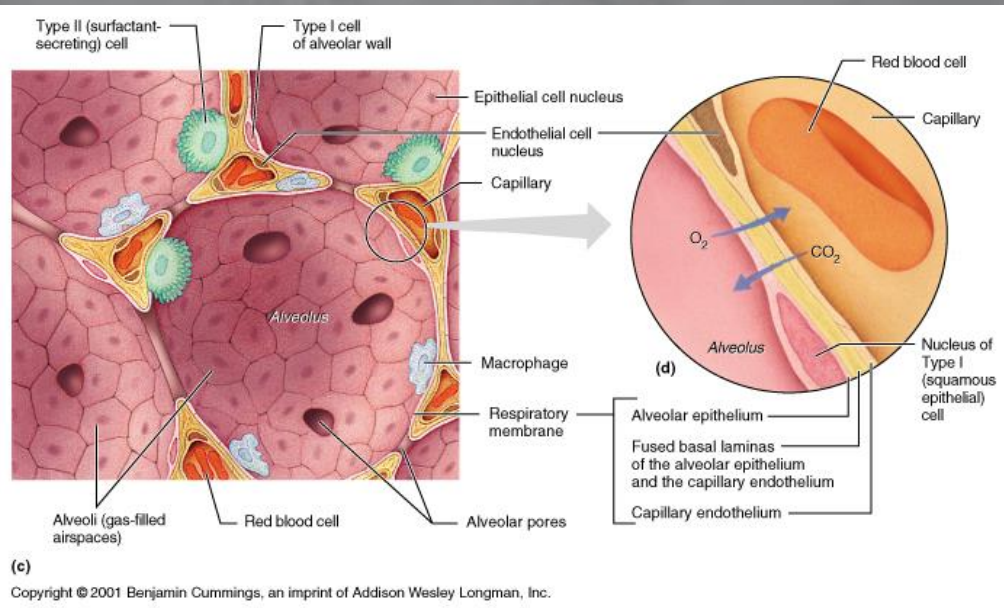
SURFAKTAN



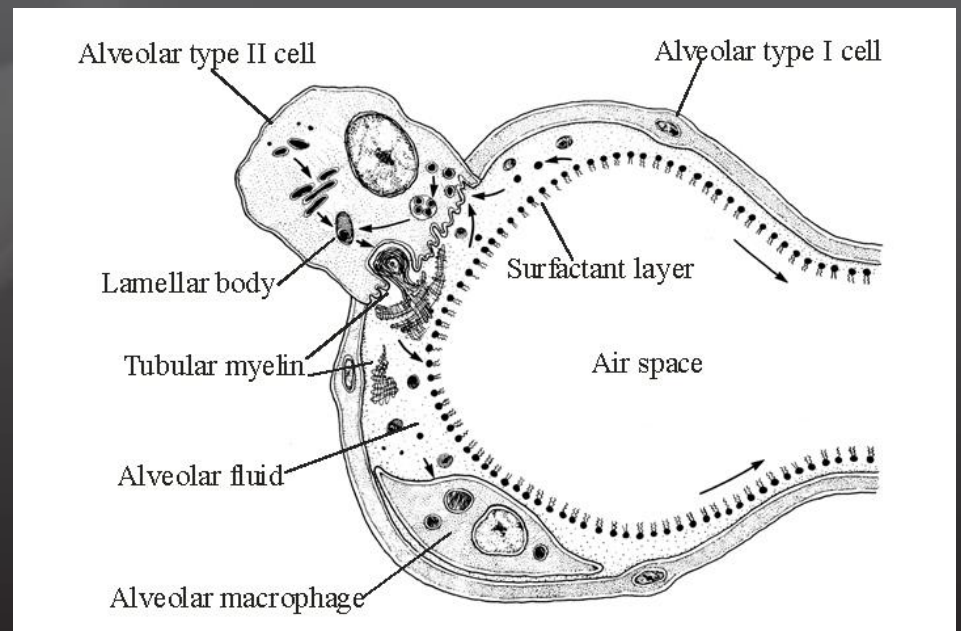
- Surfactant (**Surfactive Active Agent**) → senyawa organik yang bersifat amphifilik
- Suatu campuran kompleks lemak dan protein yang dikeluarkan oleh sel alveolus tipe II
- Campuran tsb terselip di antara molekul-molekul air di cairan yg melapisi bagian dalam alveolus

ALVEOLI

- Bentuk seperti anggur pada ujung terminal bronchioles
- Fungsi utama : pertukaran gas antara udara pada alveoli dan darah
- Sel alveolar tipe I : agak lebar, amat tipis, gas mudah difusi di sini
Sel alveolar tipe II : lebih kecil, agak tebal, produksi surfaktan
- Dinding alveoli tdk mengandung otot, jar.kat elastik (+), jar.kapiler 80-90% permukaan alveoli



ALVEOLI



Surfaktan

- Surfaktan menurunkan tegangan permukaan alveolus
- ◉ Diproduksi minggu ke-25 fetus, normal pada minggu ke-32
Bayi prematur → NRDS (alveoli kolaps, compliance ↓)
- Manfaat :
 1. Meningkatkan *compliance* paru, mengurangi kerja untuk mengembangkan paru
 2. Memperkecil kecenderungan paru untuk *recoil* → paru tidak mudah kolaps → penting untuk mempertahankan stabilitas paru

Bila surfaktan ↓ :

- paru – paru mudah kolaps
- oedema paru
- *respiratory distress syndrome* (RDS)
- peny. membran hialin
- bayi prematur

Hukum LaPlace



- Besar tekanan ke arah dalam yang cenderung menyebabkan alveolus kolaps berbanding lurus dengan tegangan permukaan dan berbanding terbalik dengan jari-jari gelembung

$$P = \frac{2T}{r}$$

ket :

P = tekanan ke arah dalam yang menyebabkan kolaps

T = tegangan permukaan

r = jari-jari gelembung (alveolus)

Law of LaPlace and Alveolar Collapse

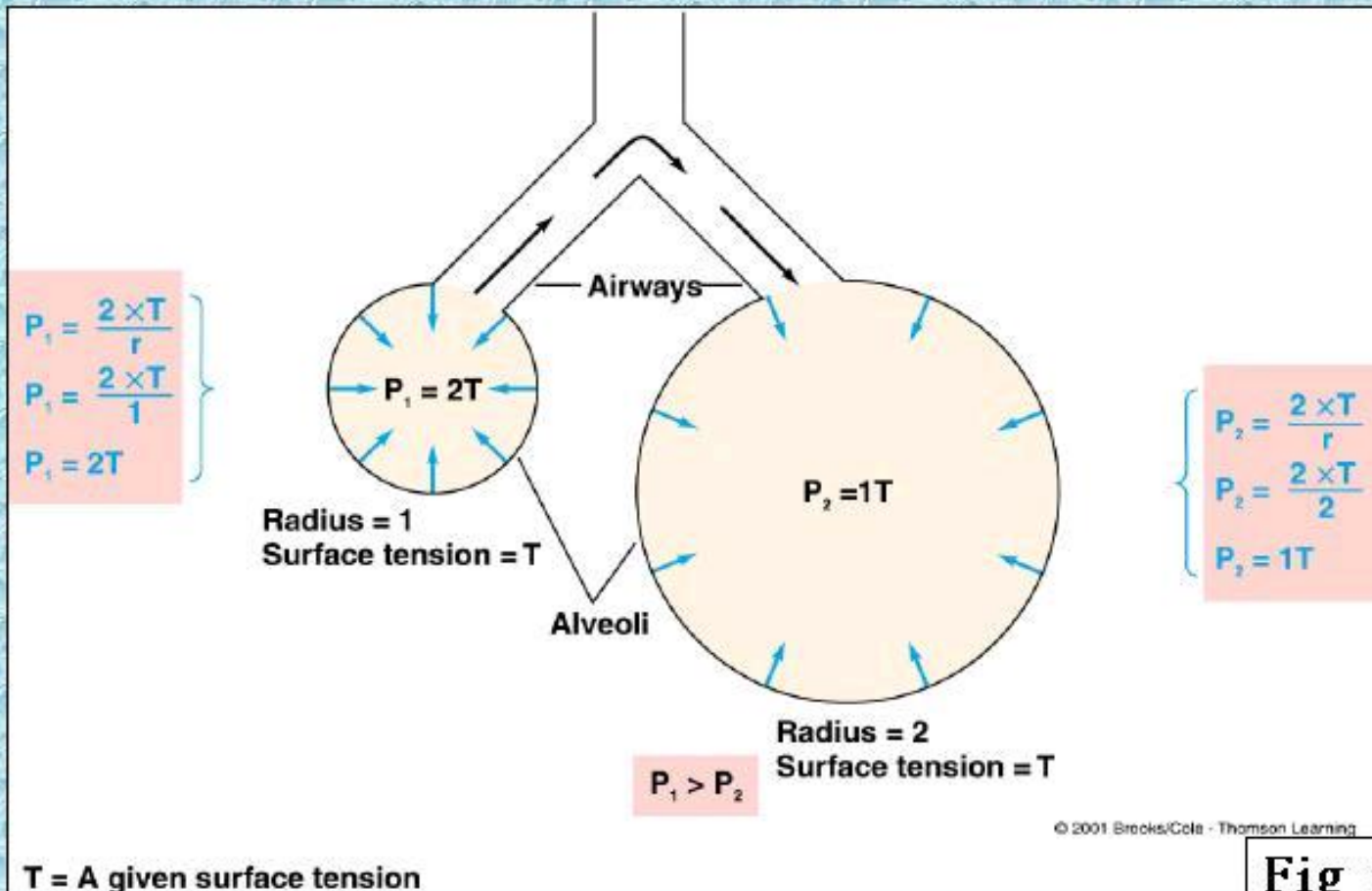
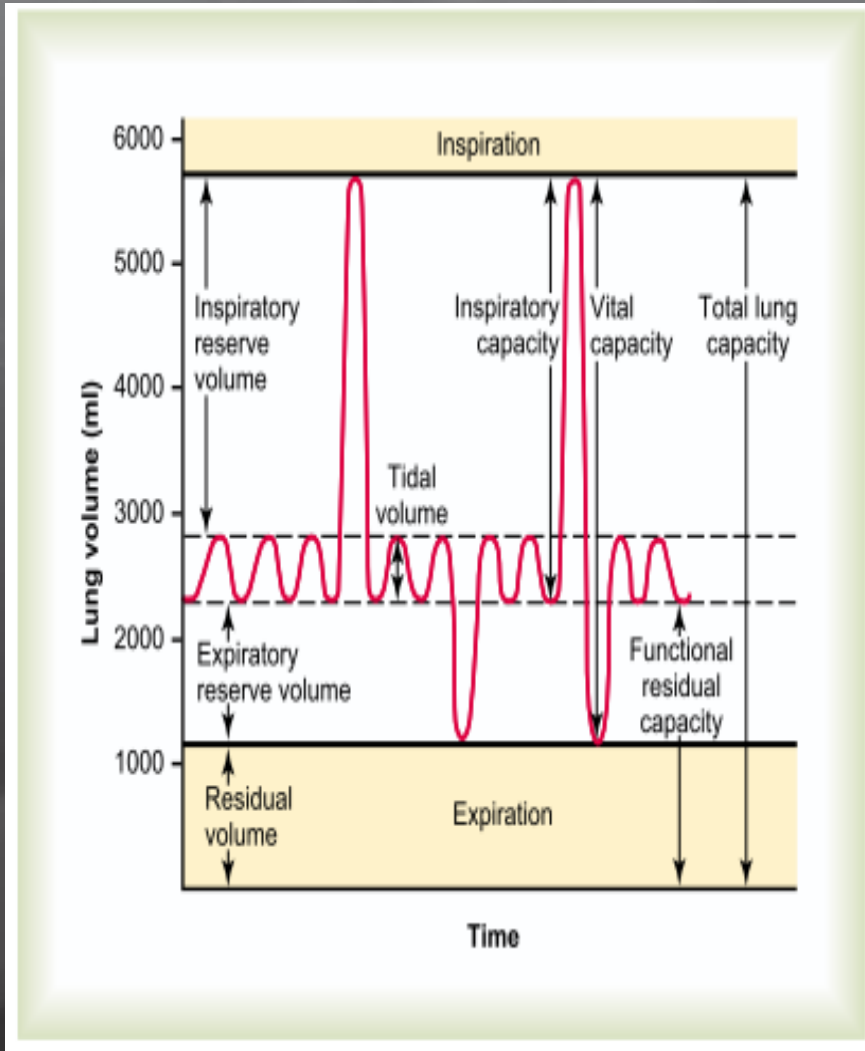


Fig 13-17

VOLUME PARU, KAPASITAS PARU dan SPIROMETER



1. TV : vol inspirasi dan ekspirasi nafas biasa.
2. IRV : vol nafas ins tambahan saat nafas sekuatnya
3. ERV : vol udara eks tambahan saat nafas sekuatnya
4. RV : vol udara sisa setelah ekspirasi sekuatnya
5. FEV1 : vol ekspirasi paksa pada detik 1
6. TLC : vol udara max yg mengisi dan mengembang saat nafas max
7. FRC : udara yg tertinggal di paru setelah nafas biasa
8. VC : vol udara max yg dpt dihirup dan dihembuskan scr max
9. IC : udara yg bisa dihirup mulai akhir ekspirasi biasa hingga inspirasi max

- Singkatan dan lambang yang dipakai pada penelitian fungsi paru :

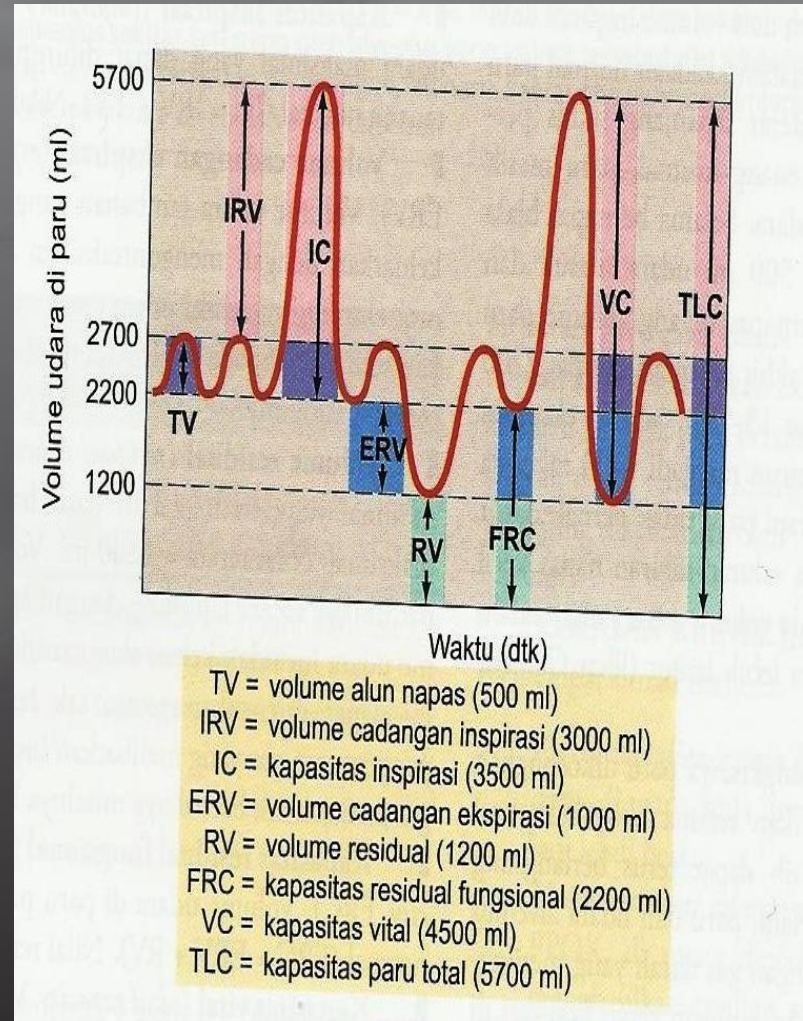
$$VC = IRV + VT + ERV$$

$$VC = IC + ERV$$

$$TLC = VC + RV$$

$$TLC = IC + FRC$$

$$FRC = ERV + RV$$



VC

Faktor-faktor yang mempengaruhi VC :

1. Seks → Laki2 dan Perempuan ??
2. Tinggi badan → makin tinggi ??
3. Umur sampai 21 tahun tiap umur ↑ → > 21 thn ??
4. Posisi pengukuran → berdiri > duduk > tidur
5. Kekuatan otot pernafasan
6. *Compliance*

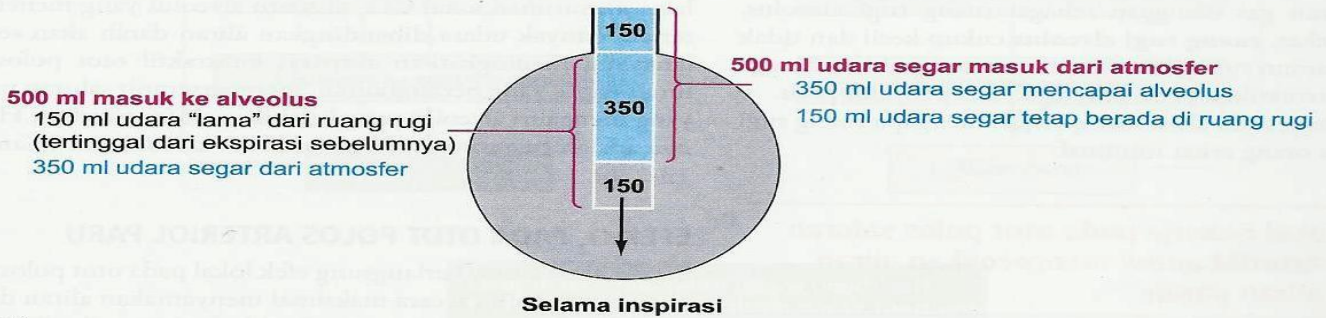
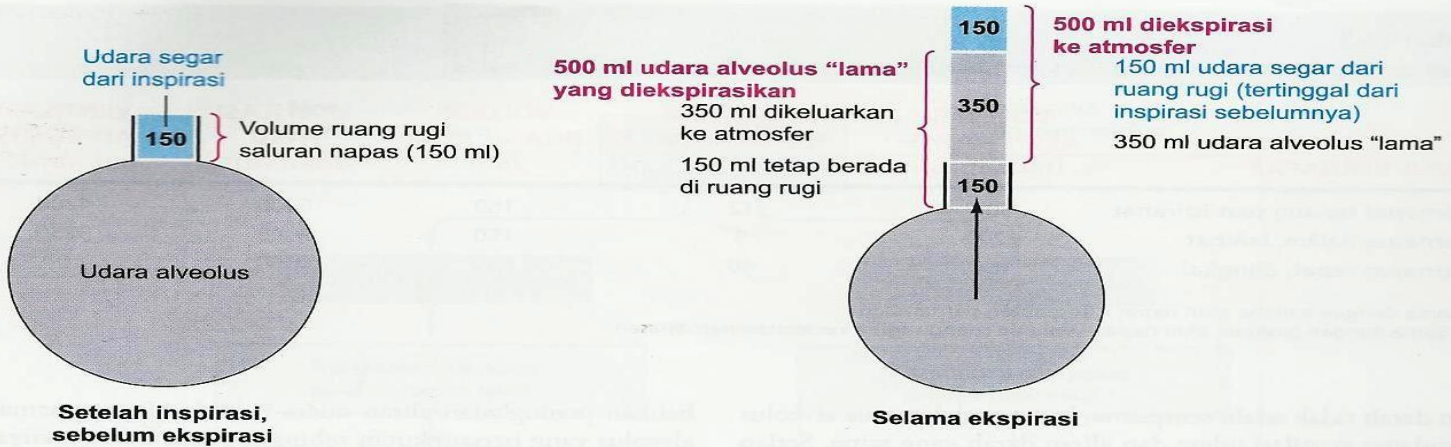
VC tidak dipengaruhi BB

Ruang Rugi dan Efeknya pada Ventilasi Alveolus

Pd ekspirasi yg pertama dikeluarkan adl udara ruang rugi.
Volume ruang rugi normal dewasa muda ± 150 ml.
Meningkat dengan bertambahnya usia.

- Ruang rugi anatomik: vol.ruang yg tidak ada proses pertukaran gas.
- Ruang rugi fisiologik : area di alveoli yg mana tdk tjd pertukaran gas krn buruknya aliran darah.

RUANG RUGI



- Udara alveolus "lama" yang telah bertukar O_2 dan CO_2 dengan darah
- Udara atmosfer segar yang belum bertukar O_2 dan CO_2 dengan darah

Angka-angka dalam gambar mencerminkan ml udara.

Gambar 13-22

Efek volume ruang rugi pada pertukaran volume alveolar antara atmosfer dan alveolus. Meskipun 500 ml udara masuk dan keluar antara atmosfer dan sistem pernapasan dan 500 ml masuk dan keluar alveolus setiap kali bernapas, hanya 350 ml yang benar-benar dipertukarkan antara atmosfer dan alveolus karena adanya ruang rugi anatomik (volume udara di saluran napas).

Kecepatan Ventilasi Alveolus

Ventilasi alveolus → salah satu faktor penting menentukan konsentrasi oksigen dan karbon dioksida dalam alveoli.

$$VA = \text{Frek.A} (VT - VD)$$

- VA : volume ventilasi alveolus per menit
- VT : volume alun nafas
- VD : volume ruang rugi

Tidal volume normal sebesar 500 ml, ruang rugi normal 150 ml dan frekuensi pernafasan 12x/menit ; ventilasi alveolus 4200 ml/menit.



CONTINUE TO PART 2