

A. Struktur dan Fungsi Sistem Pernapasan Manusia

Ayo, Kita Pelajari



- Organ pernapasan pada manusia
- Mekanisme pernapasan pada manusia



Istilah Penting

- Respirasi
- Bernapas
- Volume pernapasan
- Oksigen
- Karbon dioksida
- Inspirasi
- Ekspirasi

Mengapa Penting?



Mempelajari materi ini akan membantumu mengetahui organ pernapasanmu dan mekanisme yang ada di dalamnya.

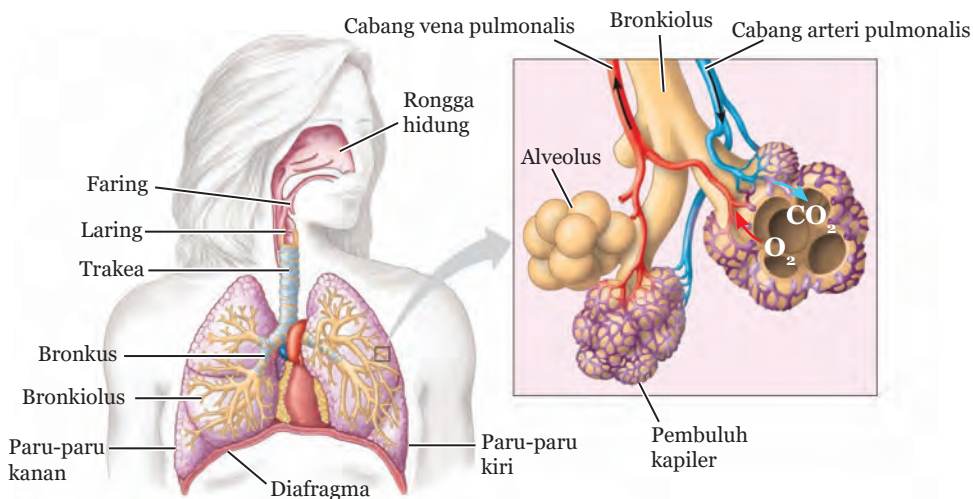
Pernahkah kamu mendengar istilah respirasi? **Respirasi** adalah proses pertukaran gas yang terjadi di dalam tubuh makhluk hidup. Ada tiga proses dasar dalam respirasi manusia. (1) **Bernapas** atau **ventilasi paru-paru**, merupakan proses menghirup udara (inhalasi) dan mengembuskan udara (ekshalasi) yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus paru-paru. (2) **Respirasi eksternal**, merupakan pertukaran gas-gas antara alveolus paru-paru dengan darah di dalam pembuluh kapiler paru-paru. Pada proses tersebut darah dalam pembuluh kapiler mengikat O_2 dari alveolus dan melepaskan CO_2 menuju alveolus. (3) **Respirasi internal**, merupakan pertukaran gas-gas antara darah di dalam pembuluh kapiler jaringan tubuh dengan sel-sel atau jaringan tubuh. Pada proses tersebut darah melepaskan O_2 dan mengikat CO_2 . Di dalam sel tubuh, O_2 digunakan untuk reaksi metabolisme tubuh, selama proses ini dihasilkan energi berupa ATP dan sisa metabolisme berupa CO_2 . Proses yang terjadi di dalam sel tersebut disebut dengan **respirasi seluler**. Respirasi seluler akan kamu pelajari pada jenjang pendidikan berikutnya.

1. Organ Pernapasan Manusia

Dapatkah kamu menyebutkan apa saja organ yang menyusun sistem pernapasan manusia? Sistem pernapasan manusia tersusun atas hidung, faring (tekak), laring (ruang suara), trakea (tenggorokan),



bronkus, dan paru-paru. Gambar 8.1 menunjukkan susunan organ-organ dalam sistem pernapasan. Organ penyusun sistem pernapasan tersebut dapat dikelompokkan berdasarkan struktur maupun fungsinya. Secara struktural, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Sistem pernapasan bagian atas, meliputi hidung dan faring. (2) Sistem pernapasan bagian bawah, meliputi laring, trakea, bronkus, dan paru-paru. Secara fungsional, sistem pernapasan tersusun atas dua bagian utama. (1) Zona penghubung, tersusun atas serangkaian rongga dan saluran yang saling terhubung baik di luar maupun di dalam paru-paru. Bagian penghubung, meliputi hidung, faring, laring, trakea, bronkus, dan bronkiolus. Fungsi dari bagian penghubung yaitu menyaring, menghangatkan, dan melembapkan udara serta menyalurkan udara menuju paru-paru. (2) Zona respirasi, tersusun atas jaringan dalam paru-paru yang berperan dalam pertukaran gas yaitu alveolus.



Sumber: Reece *et al.* 2010

Gambar 8.1 Sistem Pernapasan pada Manusia

a. Hidung

Hidung merupakan organ pernapasan yang langsung berhubungan dengan udara luar. Hidung dilengkapi dengan rambut-rambut hidung, selaput lendir, dan konka. Rambut-rambut hidung berfungsi untuk menyaring partikel debu atau kotoran yang masuk bersama udara. Selaput lendir sebagai perangkap benda asing yang masuk terhirup saat bernapas, misalnya debu, virus, dan bakteri. Konka mempunyai

banyak kapiler darah yang berfungsi menyamakan suhu udara yang terhirup dari luar dengan suhu tubuh atau menghangatkan udara yang masuk ke paru-paru.



Tahukah Kamu?

Udara tersusun atas banyak sekali jenis gas. Gas yang terdapat di udara dapat berupa gas NO_2 , CO_2 , CO , O_2 , dan SO_2 . Tidak semua gas-gas tersebut baik untuk kesehatan manusia, misalnya gas karbon monoksida (CO). Gas CO dihasilkan dari proses pembakaran tidak sempurna dan terdapat pada asap kendaraan bermotor. Apabila gas CO terhirup dalam jumlah besar dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, janganlah kamu menyalakan kendaraan bermotor di dalam rumah, agar gas karbon monoksida tidak banyak terhirup olehmu dan keluargamu.



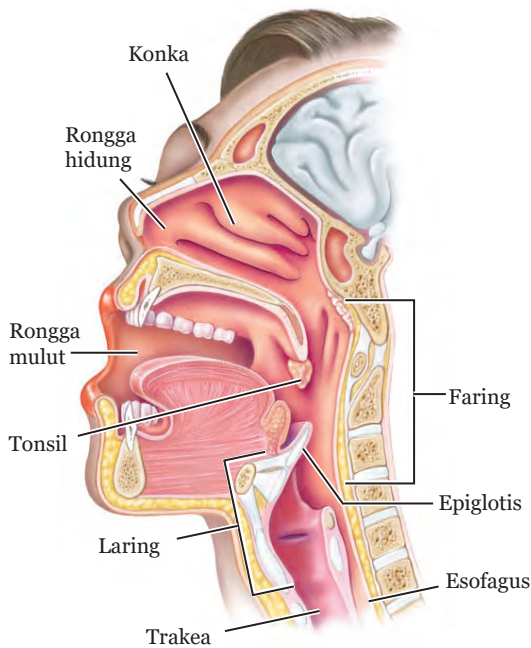
Ayo, Kita Selesaikan

Setelah mengetahui fungsi dari hidung, menurutmu lebih baik menghirup udara melewati hidung ataukah melewati mulut? Jelaskan alasanmu!

b. Faring

Faring merupakan organ pernapasan yang terletak di belakang (posterior) rongga hidung hingga rongga mulut dan di atas laring (superior) (Gambar 8.2). Dinding faring, tersusun atas otot rangka yang dilapisi oleh membran mukosa. Kontraksi dari otot rangka tersebut membantu dalam proses menelan makanan. Faring berfungsi sebagai jalur masuk udara dan makanan, ruang resonansi suara, serta tempat tonsil yang berpartisipasi pada reaksi kekebalan tubuh dalam melawan benda asing.





Sumber: Shier *et al.* 2012

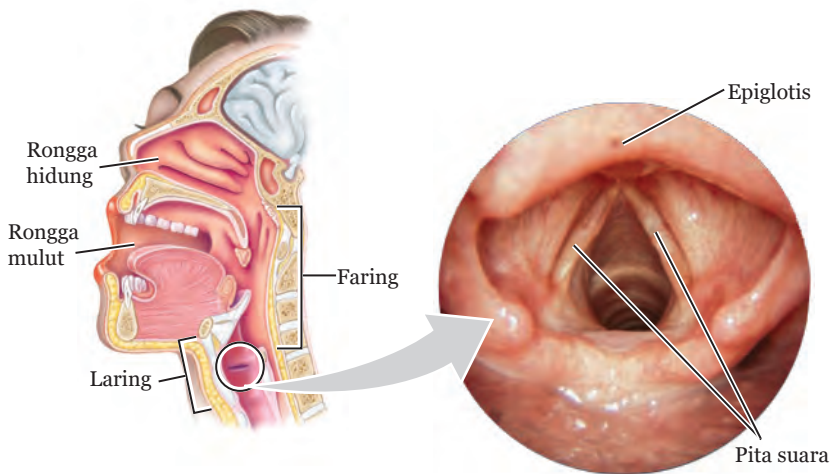
Gambar 8.2 Struktur Organ Pernapasan: Rongga hidung, Faring, dan Laring

c. Laring

Laring atau ruang suara merupakan organ pernapasan yang menghubungkan faring dengan trakea. Di dalam laring terdapat epiglottis dan pita suara (Gambar 8.3). Epiglottis berupa katup tulang rawan yang berbentuk seperti daun dilapisi oleh sel-sel epitel, berfungsi untuk menutup laring sewaktu menelan makanan atau minuman. Apabila ada partikel kecil seperti debu, asap, makanan, atau minuman yang masuk ke dalam laring akan terjadi refleks batuk, yang berfungsi untuk mengeluarkan partikel tersebut dari laring.

Udara yang melewati laring dapat menggetarkan pita suara, sehingga dihasilkan gelombang suara. Gelombang suara ini dapat diatur untuk menghasilkan berbagai bunyi dengan cara mengatur kolom udara pada faring, rongga hidung, dan mulut. Tinggi rendahnya suara dikontrol oleh tegangan pita suara. Apabila pita suara tegang akibat tertarik oleh otot, pita suara akan bergetar lebih cepat dan dihasilkan nada suara yang tinggi. Berkurangnya tegangan pada pita suara akan menyebabkan pita suara bergetar lebih lambat, sehingga menghasilkan nada suara yang rendah. Akibat adanya hormon androgen (hormon kelamin pria), pita suara pada pria biasanya lebih tebal dan lebih panjang, sehingga

pita suara akan bergetar lebih lamban. Hal ini yang menyebabkan nada suara pria memiliki rentang nada yang lebih rendah daripada rentang nada suara wanita.



Sumber: Shier *et al.* 2012

Gambar 8.3 Struktur Pita Suara dalam Laring

c. Trakea

Udara yang telah masuk ke laring selanjutnya masuk ke trakea (batang tenggorokan). Trakea adalah saluran yang menghubungkan laring dengan bronkus. Trakea memiliki panjang sekitar 10-12 cm dengan lebar 2 cm. Dindingnya tersusun dari cincin-cincin tulang rawan dan selaput lendir yang terdiri atas jaringan epitelium bersilia. Fungsi silia pada dinding trakea untuk menyaring benda-benda asing yang masuk ke dalam saluran pernapasan.

d. Bronkus

Pada bagian paling dasar dari trakea, trakea bercabang menjadi dua. Percabangan trakea tersebut disebut dengan bronkus, masing-masing bronkus memasuki paru-paru kanan dan paru-paru kiri. Struktur bronkus hampir sama dengan trakea, tetapi lebih sempit. Bentuk tulang rawan bronkus tidak teratur, tetapi berselang-seling dengan otot polos.

e. Bronkiolus

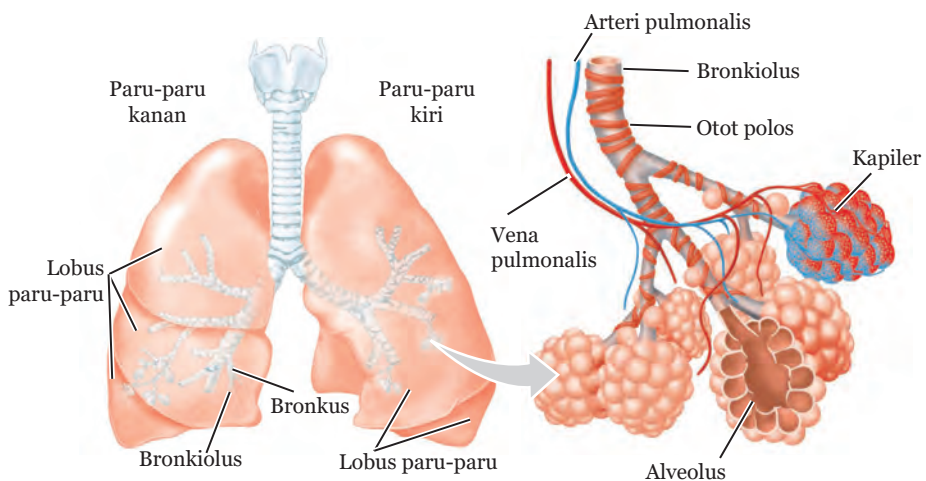
Di dalam paru-paru bronkus bercabang-cabang lagi. Bronkiolus merupakan cabang-cabang kecil dari bronkus. Pada ujung-ujung bronkiolus terdapat gelembung-gelembung yang sangat kecil dan berdinding tipis yang disebut alveolus (jamak = alveoli).

f. Paru-Paru

Paru-paru merupakan alat pernapasan utama. Paru-paru terbagi menjadi dua bagian, yaitu paru-paru kanan (pulmo dekster) yang terdiri atas 3 lobus dan paru-paru kiri (pulmo sinister) yang terdiri atas 2 lobus. Paru-paru dibungkus oleh selaput rangkap dua yang disebut pleura. Pleura berupa kantung tertutup yang berisi cairan limfa. Pleura berfungsi melindungi paru-paru dari gesekan saat mengembang dan mengempis. Di dalam paru-paru terdapat bagian yang berperan dalam pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida yaitu alveolus.

g. Alveolus

Perhatikan Gambar 8.4! Dinding alveolus tersusun atas satu lapis jaringan epitel pipih. Struktur yang demikian memudahkan molekul-molekul gas melaluinya. Dinding alveolus berbatasan dengan pembuluh kapiler darah, sehingga gas-gas dalam alveolus dapat dengan mudah mengalami pertukaran dengan gas-gas yang ada di dalam darah. Adanya gelembung-gelembung alveolus memungkinkan pertambahan luas permukaan untuk proses pertukaran gas. Luas permukaan alveolus 100 kali luas permukaan tubuh manusia. Besarnya luas permukaan seluruh alveolus dalam paru-paru menyebabkan penyerapan oksigen lebih efisien. Mekanisme pertukaran gas oksigen dan gas karbon dioksida telah kamu pelajari pada Bab 7 tentang tekanan zat dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari.



Sumber: Shier *et al.* 2012

Gambar 8.4 Struktur Paru-paru, Bronkus, Bronkiolus, dan Alveolus

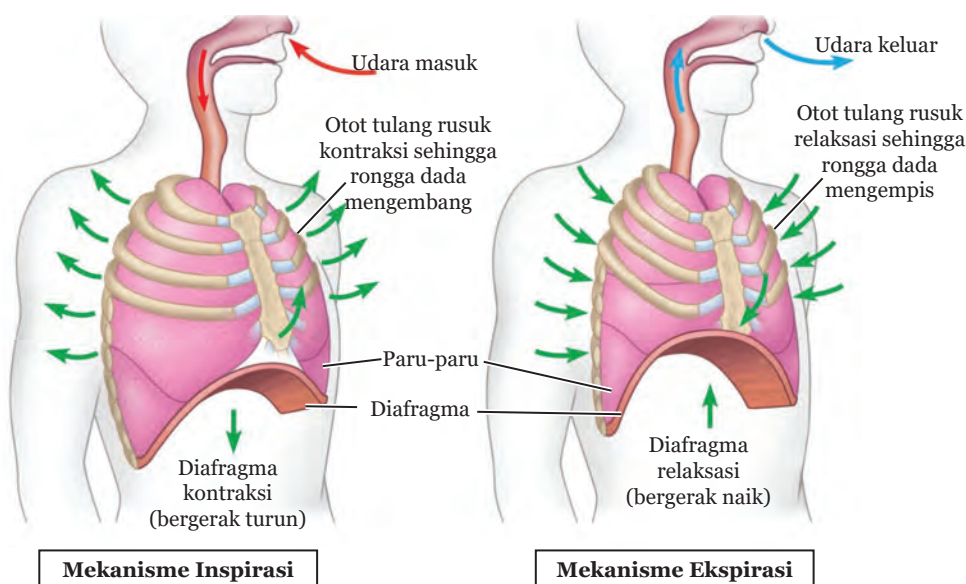


Ayo, Kita Cari Tahu

Tahukah kamu bahwa tidur dengan posisi menghadap ke kanan, merupakan posisi tidur yang terbaik untuk kesehatan tubuh, termasuk untuk kesehatan paru-paru. Coba kamu cari tahu mengapa hal tersebut dapat terjadi!

2. Mekanisme Pernapasan Manusia

Pada saat kamu bernapas berlangsung dua mekanisme, yaitu menghirup udara (inhalasi/inspirasi) dan menyemburkan udara (ekshalasi/ekspirasi) yang melibatkan pertukaran udara antara atmosfer dengan alveolus paru-paru. Pada saat melakukan mekanisme pernapasan terjadi kerja sama antara otot dada, tulang rusuk, otot perut, dan diafragma. Diafragma adalah otot yang terdapat di antara rongga dada dan rongga perut. Perhatikan Gambar 8.5!



Sumber: Reece *et al.* 2012

Gambar 8.5 Mekanisme Pernapasan Dada dan Perut saat Inspirasi dan Ekspirasi

Pada saat inspirasi, diafragma dan otot dada berkontraksi, volume rongga dada membesar, paru-paru mengembang, dan udara masuk ke paru-paru. Pada saat ekspirasi, diafragma dan otot dada berelaksasi, volume rongga dada kembali normal, paru-paru kembali normal, dan udara keluar dari paru-paru. Satu kali pernapasan terdiri atas satu kali inspirasi dan satu kali ekspirasi. Berdasarkan aktivitas otot-otot pernapasan, bernapas dengan membesar dan mengecilkan volume rongga dada disebut pernapasan dada. Begitu juga jika kita membesar dan mengecilkan volume rongga perut, disebut pernapasan perut.

Untuk lebih memahami pernapasan dada dan pernapasan perut, ayo lakukan aktivitas berikut!



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.2 Mengidentifikasi Mekanisme Pernapasan Dada dan Pernapasan Perut

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Letakkan tanganmu di dada.
2. Hiruplah udara dalam-dalam dengan mengembangkan dada, kemudian embuskan. Pernapasan ini disebut dengan pernapasan dada.
3. Amati bagaimana pergerakan dadamu saat kamu menghirup udara dan saat mengembuskan udara.
4. Letakkan tangan di perut.
5. Hiruplah udara dalam-dalam dengan mengembangkan perut, lalu embuskan. Pernapasan ini disebut dengan pernapasan perut.
6. Amati bagaimana pergerakan perutmu saat kamu menghirup udara dan saat mengembuskan udara.

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Pada saat kamu melakukan pernapasan dada, apa yang terjadi pada dadamu ketika kamu menghirup udara (inspirasi) dan ketika kamu mengembuskan udara (ekspirasi)?

2. Pada saat kamu melakukan pernapasan perut, apa yang terjadi pada perutmu ketika kamu menghirup udara (inspirasi) dan ketika kamu mengembuskan udara (ekspirasi)?
3. Adakah perbedaan proses yang terjadi pada pernapasan dada dan pernapasan perut? Jelaskan!

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

3. Frekuensi Pernapasan

Pada bagian awal bab ini, kamu telah melakukan aktivitas menghitung frekuensi pernapasan. Ingatkah kamu berapa frekuensi pernapasanmu selama satu menit? Apakah sama dengan frekuensi pernapasan temanmu? Faktor apa saja yang memengaruhi frekuensi pernapasan seseorang? Agar mengetahuinya, ayo lakukan Aktivitas 8.3 berikut!



Ayo, Kita Lakukan

Aktivitas 8.3 Menyelidiki Faktor-faktor yang Memengaruhi Frekuensi Pernapasan

Apa yang kamu perlukan?

1. *Stopwatch* atau jam
2. Kertas dan pena

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Bekerjalah secara berkelompok. Usahakan agar dalam satu kelompok terdapat anggota laki-laki dan perempuan.
2. Lakukan perhitungan napas selama 15 detik untuk masing-masing kegiatan berikut. Lakukan masing-masing kegiatan dengan 2 kali ulangan.



Tabel 8.2 Data Perhitungan Frekuensi Pernapasan

Faktor yang Memengaruhi Frekuensi Pernapasan		Frekuensi Pernapasan		Rerata
		Ulangan 1	Ulangan 2	
Jenis Kelamin	Laki-laki			
	Perempuan			
Posisi tubuh	Berbaring			
	Duduk			
	Berdiri			
Kegiatan/ aktivitas tubuh	Duduk			
	Berjalan selama 1 menit			
	Berlari selama 1 menit			

Apa yang perlu kamu diskusikan?

1. Berdasarkan hasil pengamatanmu, manakah yang lebih tinggi frekuensi pernapasan laki-laki atau perempuan? Menurutmu mengapa demikian?
2. Posisi tubuh manakah yang memiliki frekuensi pernapasan paling tinggi? Mengapa demikian?
3. Menurutmu apakah kegiatan tubuh memengaruhi frekuensi pernapasan? Mengapa demikian?

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan hasil percobaan dan diskusi yang telah kamu lakukan, apa saja yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan Aktivitas 8.3 kamu telah mengetahui bahwa ada beberapa faktor yang memengaruhi frekuensi pernapasan di antaranya adalah jenis kelamin, posisi tubuh, dan kegiatan tubuh. Selain itu ada beberapa faktor lainnya seperti umur dan suhu tubuh.

- a. Umur, pada umumnya semakin bertambah umur seseorang maka semakin rendah frekuensi pernapasannya. Hal ini berhubungan erat dengan makin berkurangnya proporsi kebutuhan energinya.
- b. Jenis kelamin, pada umumnya laki-laki lebih banyak bergerak sehingga lebih banyak memerlukan energi. Kebutuhan oksigen dan produksi CO_2 pada laki-laki juga lebih tinggi. Hal ini

menunjukkan bahwa proses metabolisme pada laki-laki jauh lebih tinggi daripada perempuan.

- c. Suhu tubuh, semakin tinggi suhu tubuh maka semakin cepat frekuensi pernapasannya. Hal ini terjadi karena adanya peningkatan proses metabolisme di dalam tubuh, sehingga diperlukan peningkatan pemasukan oksigen dan pengeluaran CO_2 .
- d. Posisi tubuh, posisi tubuh sangat berpengaruh terhadap frekuensi pernapasan. Hal ini berkaitan dengan beban yang harus ditanggung oleh organ tubuh. Pada saat posisi tubuh berdiri, otot-otot kaki akan berkontraksi untuk menghasilkan tenaga yang dibutuhkan tubuh untuk tetap tegak berdiri. Sedangkan pada saat posisi tubuh duduk atau berbaring, beban berat tubuh disangga oleh sebagian besar tubuh sehingga tubuh tidak membutuhkan banyak energi, dengan demikian frekuensi pernapasannya rendah.
- e. Kegiatan atau aktivitas tubuh, orang yang melakukan aktivitas memerlukan lebih banyak energi dibandingkan dengan orang yang tidak melakukan aktivitas seperti duduk santai atau tiduran. Ketika tubuh memerlukan banyak energi maka tubuh perlu lebih banyak oksigen sehingga frekuensi pernapasan meningkat.

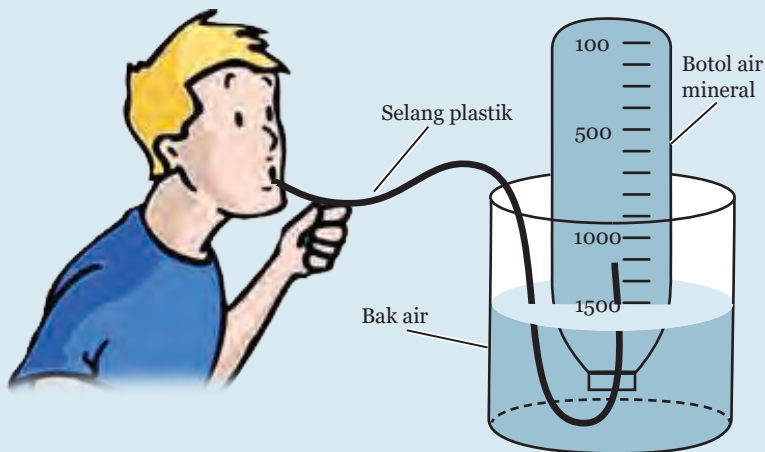
4. Volume Pernapasan

Ketika kamu membaui harumnya parfum atau aroma kue yang lezat kamu tentu pernah menarik napas sangat dalam bukan? Pernahkah kamu berpikir berapa jumlah udara yang kamu hirup saat bernapas sangat dalam atau saat kamu bernapas biasa? Agar kamu mengetahui berapa volume pernapasanmu, ayo kita lakukan Aktivitas 8.4 berikut!

4. Gelas ukur 100 mL
5. Botol air mineral 1,5 liter
6. Bak air ukuran 5 liter

Apa yang harus kamu lakukan?

1. Tandailah botol air mineral pada setiap volume 100 mL dengan menggunakan spidol, hingga volume 1.500 mL.
2. Untuk memberi tanda kamu dapat mengisi botol air mineral dengan air yang telah diukur volumenya menggunakan gelas ukur 100 mL.
3. Setelah melakukan langkah 1-2 kamu akan memiliki botol air mineral yang memiliki skala volume 100 - 1.500 mL.
4. Masukkan air hingga penuh ke dalam botol air mineral.
5. Isilah bak air hingga $\frac{1}{2}$ bagian.
6. Tutuplah mulut botol dengan rapat, lalu balikkan dan masukkan ke dalam bak berisi air dengan posisi tegak. Usahakan botol terisi air penuh dan tidak terdapat udara di dalamnya.
7. Bukalah penutup mulut botol air mineral saat sudah masuk di dalam bak air.
8. Masukkan selang ke dalam mulut botol hingga $\frac{1}{2}$ bagian botol. Perhatikan Gambar 8.6!

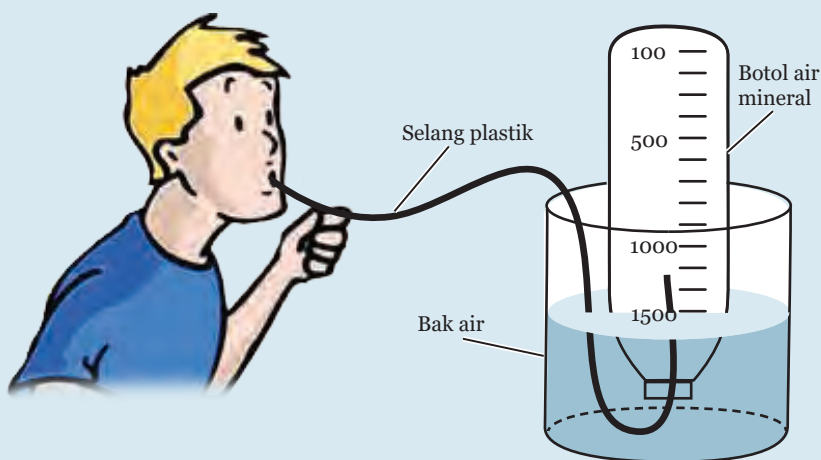


Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 8.6 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral terisi Air Penuh

9. Letakkan set percobaan di atas dengan posisi sejajar dengan mulutmu, kamu dapat meletakkannya di atas meja.
10. Masukkan ujung selang yang lain pada mulutmu.

11. Lakukan inspirasi seperti biasa melalui hidung kemudian lakukan ekspirasi melalui mulut sehingga udara yang dikeluarkan masuk ke dalam botol. Volume ini disebut volume tidal. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol dan catatlah volume hasil pengamatanmu pada Tabel 8.3.
12. Ulangi kembali langkah 4-9. Lalu lakukan inspirasi biasa melalui hidung, kemudian lakukan ekspirasi biasa melalui hidung pula. Setelah itu, lakukan ekspirasi secara maksimal melalui mulut sehingga udara yang dikeluarkan masuk ke dalam botol. Volume ini disebut volume cadangan ekspirasi. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol dan catatlah volume hasil pengamatanmu pada Tabel 8.3.
13. Keluarkan air dari botol mineral, lalu balikkan dan masukkan ke dalam bak berisi air dengan posisi tegak. Masukkan selang ke dalam mulut botol hingga $\frac{1}{2}$ bagian botol.
14. Hiruplah udara yang ada dalam botol sehingga tepat pada skala 1.500 mL. Perhatikan Gambar 8.7!



Sumber: Dok. Kemdikbud

Gambar 8.7 Rangkaian Percobaan Pengukuran Volume Pernapasan dengan Botol Air Mineral terisi Udara dengan Volume 1.500 mL

15. Lakukan inspirasi secara normal melalui hidung, lalu lakukan inspirasi kembali secara maksimal melalui mulut sehingga udara dalam botol air mineral terhirup olehmu. Volume ini disebut volume cadangan inspirasi. Amati berapa volume udara yang masuk dalam botol.

16. Jumlahkan volume tidal + volume cadangan ekspirasi + volume cadangan inspirasi. Total volume ini disebut dengan kapasitas vital paru-paru. Isikan hasilnya pada Tabel 8.3.
17. Meskipun kamu telah melakukan ekspirasi secara maksimal, di dalam paru-parumu sebenarnya masih terdapat sisa udara sekitar 1.000 mL. Volume ini disebut volume residu.
18. Jumlahkan volume kapasitas vital paru-paru + volume residu. Volume ini disebut kapasitas total paru-paru. Isikan hasilnya pada Tabel 8.3.

Tabel 8.3 Volume Pernapasan Berdasar Hasil Percobaan

No	Volume Pernapasan	Volume (mL)
1	Volume tidal	
2	Volume cadangan ekspirasi	
3	Volume cadangan inspirasi	
4	Kapasitas vital paru-paru	
5	Kapasitas total paru-paru	

Apa yang dapat kamu simpulkan?

Berdasarkan percobaan yang telah kamu lakukan, apa yang dapat kamu simpulkan tentang volume pernapasan manusia?

Setelah melakukan Aktivitas 8.4 kamu telah mengetahui bahwa volume udara yang digunakan dalam proses pernapasan ada beberapa macam sebagai berikut.

- a. Volume tidal, yaitu volume udara yang keluar masuk paru-paru saat tubuh melakukan inspirasi atau ekspirasi biasa (normal), volumenya sekitar 500 mL.
- b. Volume cadangan ekspirasi, merupakan volume udara yang masih dapat dikeluarkan secara maksimal dari paru-paru setelah melakukan ekspirasi biasa. Volume cadangan ekspirasi sekitar 1.500 mL.
- c. Volume cadangan inspirasi, yaitu volume udara yang masih dapat dimasukkan ke dalam paru-paru setelah melakukan inspirasi secara biasa. Volume cadangan inspirasi sekitar 1.500 mL.

- d. Volume residu, yaitu volume udara yang masih tersisa di dalam paru-paru meskipun telah melakukan ekspirasi secara maksimal, volumenya sekitar 1.000 mL.
- e. Kapasitas vital paru-paru, yaitu total dari volume tidal + volume cadangan ekspirasi + volume cadangan inspirasi. Kapasitas vital paru-paru sekitar 3.500 mL.
- f. Kapasitas total paru-paru, yaitu volume udara yang dapat ditampung secara maksimal dalam paru-paru. Volume kapasitas total paru-paru yaitu volume kapasitas vital paru-paru + volume residu, volumenya sekitar 4.500 mL.

