



**MODUL BIOLOGI DASAR (PSD 113)**

**MODUL 9  
SISTEM PERNAPASAN**

**DISUSUN OLEH  
HARLINDA SYOFYAN, S.Si., M.Pd**

**UNIVERSITAS ESA UNGGUL**

**2018**

## **SISTEM PERNAPASAN**

### **A. Pendahuluan**

Bernapas merupakan suatu aktivitas yang selalu kita lakukan, entah di sadari maupun tidak. Kegiatan ini sudah biasa kita mulai, sejak masih berumur 0 tahun. Berbahaya jika sampai anda masih hidup, namun tidak bernapas. Mungkin yang di pertanyakan adalah 'anda manusia atau bukan'? Perihal bernapas, bukan hanya manusia saja yang memerlukannya. Baik hewan maupun tumbuhan juga bernapas. Apakah anda percaya? Tentu saja harus. Karena hewan dan tumbuhan juga sama sama memerlukan oksigen untuk memenuhi kehidupannya. Hewan perlu bernapas untuk bisa bergerak, menghasilkan energi, dan lain sebagainya. sedangkan tumbuhan perlu bernapas untuk bisa melakukan proses fotosintesis, agar bisa tumbuh semakin besar dan semakin tinggi.

Pernafasan manusia bertujuan untuk memperoleh oksigen dari udara dan mengeluarkan gas sisa pembakaran dari dalam tubuh. Oksigen kita perlukan untuk membakar makanan yang kita peroleh dari hasil pencernaan yang diubah menjadi energi untuk hidup. Karbondioksida merupakan hasil pembakaran zat makanan dalam tubuh. Karena merupakan zat sisa yang keberadaannya dalam tubuh kita tidak diperlukan bahkan akan mengganggu, maka harus kita keluarkan saat kita bernapas. Pertukaran antara oksigen dan karbondioksida melalui pernafasan terjadi dalam paru-paru.

### **B. Kompetensi Dasar**

Mahasiswa mampu menguraikan alat pernapasan pada manusia dan hewan, membuat model alat pernapasan manusia dan cara kerjanya, menjelaskan penyebab terjadinya gangguan pada alat pernapasan pada manusia, misalnya menghirup udara tercemar dan terinfeksi oleh kuman. memelihara kesehatan alat pernapasan.

### **C. Kemampuan Akhir yang Diharapkan**

1. Menguraikan alat pernapasan pada manusia dan hewan, membuat model alat pernapasan manusia dan cara kerjanya, menjelaskan penyebab terjadinya
2. Menjelaskan gangguan pada alat pernapasan pada manusia, misalnya menghirup udara tercemar dan terinfeksi oleh kuman.
3. Menjelaskan memelihara kesehatan alat pernapasan dengan benar

### **D. Kegiatan Belajar 1**

## **SISTEM PERNAPASAN**

### **I . URAIAN DAN CONTOH**

#### **1. SISTEM PERNAPASAN MANUSIA**

##### **A. Pentingnya Bernapas**

Bernapas merupakan suatu aktivitas yang mutlak harus di lakukan. Mengingat pentingnya bernapas, maka bagi pasien yang sedang sakit pernapasan juga di upayakan untuk tetap bernapas. Jika tidak bisa? Bukan

berarti mereka yang sudah tidak bisa bernapas di sebut mati. Pihak medis akan berupaya untuk tetap membuat mereka bertahan.

Seperti halnya ketika orang yang sedang koma. Kadang kala mereka lupa caranya bernapas. Tapi semua organnya masih bisa berfungsi sebagaimana mestinya. Hanya saja keadaannya tidak memungkinkan ia bisa kembali aktif dan belum bisa beraktivitas. Biasanya pihak medis akan memasang tabung oksigen, agar menjaga pasien tetap bernapas.

- Membantu pembakaran energi yang ada di dalam tubuh.
- Berguna untuk membantu beraktivitas
- Menjaga tubuh agar tetap awet
- Makanan bagi otak
- Bahan penting agar manusia tetap bisa hidup

Banyaknya kepentingan untuk bernapas, maka masalah pernapasan tidak bisa di anggap sepele. Tanpa bernapas, manusia tidak akan bisa hidup. Oleh sebab itu jangan biarkan anda kesulitan bernapas. Jika memang ada yang mengganggu sistem pernapasan anda, segeralah melakukan pemeriksaan ke dokter.

Betapa kompleksnya masalah pernapasan, maka tidak bisa di anggap enteng. Ada banyak sekali pendukung yang membantu seseorang untuk bernapas. Alat ini memang terlihat sederhana, tapi manfaatnya luar biasa. Tanpa adanya kelengkapan alat alat ini, manusia tidak bisa bernapas dengan enak, nyaman, dan sempurna. Apa sajakah sistem pernapasan pada manusia? Berikut adalah penjelasannya.

## **B. Alat Pernapasan**

Manusia bernapas dengan menggunakan alat-alat pernapasan. Selain itu, untuk menarik dan mengeluarkan napas digunakan pula otot-otot yang berada pada daerah dada dan perut. Alat pernapasan yang utama adalah paru-paru. Namun untuk masuk ke dalam tubuh, udara memerlukan alat lain seperti hidung, tenggorokan dan lain-lain.

### **1) Hidung**

Hidung berfungsi sebagai alat pernapasan dan indra pembau. Hidung terdiri atas lubang hidung, rongga hidung, dan ujung rongga hidung. Rongga hidung memiliki rambut, banyak kapiler darah, dan selalu lembap dengan adanya lendir yang dihasilkan oleh selaput mukosa.

Di dalam rongga hidung, udara disaring oleh rambut - rambut kecil (silia) dan selaput lendir yang berguna untuk menyaring debu, melekatkan kotoran pada rambut hidung, mengatur suhu udara pernapasan, maupun menyelidiki adanya bau. Pada pangkal rongga mulut yang berhubungan dengan rongga hidung terdapat suatu katup yang disebut anak tekak. Saat menelan makanan anak tekak ini akan terangkat ke atas menutup rongga hidung sehingga makanan tidak dapat masuk ke dalam rongga hidung.

### **2) Faring**

Faring merupakan persimpangan jalan masuk udara dan makanan. Faring merupakan persimpangan antara rongga mulut ke kerongkongan dengan hidung ke tenggorokan.

### **3) Laring**

Laring disebut juga pangkal tenggorok atau kotak suara. Laring terdiri atas tulang rawan yang membentuk jakun. Jakun tersusun atas tulang lidah, katup tulang rawan, perisai tulang rawan, piala tulang rawan, dan gelang tulang rawan. Pangkal tenggorok dapat ditutup oleh katup pangkal tenggorokan (epiglotis). Pada waktu menelan makanan, epiglotis melipat ke bawah menutupi laring sehingga makanan tidak dapat masuk dalam laring. Sementara itu, ketika bernapas epiglotis akan membuka. Pada pangkal tenggorok terdapat selaput suara atau lebih dikenal dengan pita suara.

### **4) Trakea**

Trakea (batang tenggorokan) merupakan pipa yang panjangnya kira-kira 9 cm. Trakea tersusun atas enam belas sampai dua puluh cincin-cincin tulang rawan yang berbentuk C. Cincin-cincin tulang rawan ini di bagian belakangnya tidak tersambung yaitu di tempat trakea menempel pada esofagus. Hal ini berguna untuk mempertahankan agar trakea tetap terbuka.

Cincin-cincin tulang rawan diikat bersama oleh jaringan fibrosa, selain itu juga terdapat beberapa jaringan otot. Pertumbuhan Pita Suara Ketika seorang anak laki-laki mencapai akil balig, hormon testosteron memperbesar laring sehingga pita suaranya lebih panjang dan jakunnya lebih menonjol. Suaranya berubah dan nadanya menurun sekitar satu oktaf. Anak wanita mengalami hal serupa, tetapi pada masa akil baliq perubahannya lebih kecil. Nada suara bergantung pada ketegangan pita suara, panjang tali suara, dan ketebalannya.

Trakea dilapisi oleh selaput lendir yang dihasilkan oleh epitelium bersilia. Silia-silia ini bergerak ke atas ke arah laring, sehingga dengan gerakan ini debu dan butir-butir halus lainnya yang ikut masuk saat menghirup napas dapat dikeluarkan. Di paru-paru trakea ini bercabang dua membentuk bronkus.

### **5) Bronkus**

Bronkus merupakan cabang batang tenggorokan yang jumlahnya sepasang, yang satu menuju ke paru-paru kanan dan yang satu lagi menuju ke paru-paru kiri. Tempat percabangan ini disebut bifurkase. Bronkus mempunyai struktur serupa dengan trakea dan dilapisi oleh jenis sel yang sama. Bronkus yang ke kiri lebih panjang dan sempit serta kedudukannya lebih mendatar daripada yang ke kanan. Hal ini merupakan salah satu sebab mengapa paru-paru kanan lebih mudah terserang penyakit. Bronkus sebelah kanan bercabang menjadi tiga bronkiolus, sedangkan bronkus sebelah kiri bercabang menjadi dua bronkiolus.

### **6) Bronkiolus**

Bronkiolus merupakan cabang dari bronkus, dindingnya lebih tipis dan salurannya lebih kecil. Semakin kecil salurannya, semakin berkurang tulang rawannya dan akhirnya tinggal dinding fibrosa dengan lapisan silia. Setiap bronkiolus terminal (terakhir) bermuara ke dalam seberkas kantung-kantung kecil mirip anggur yang disebut alveolus.

## 7) Alveolus

Alveolus merupakan saluran akhir dari alat pernapasan yang berupa gelembung-gelembung udara. Dindingnya tipis, lembap, dan berlekatan erat dengan kapiler-kapiler darah. Alveolus terdiri atas satu lapis sel epitelium pipih dan di sinilah darah hampir langsung bersentuhan dengan udara. Adanya alveolus memungkinkan terjadinya perluasan daerah permukaan yang berperan penting dalam pertukaran gas O<sub>2</sub> dari udara bebas ke sel-sel darah dan CO<sub>2</sub> dari sel-sel darah ke udara.

## 8) Paru-paru

Paru-paru ada dua dan merupakan alat pernapasan utama. Paru-paru terletak dalam rongga dada. Letaknya di sebelah kanan dan kiri serta di tengahnya dipisahkan oleh jantung. Jaringan paru-paru mempunyai sifat elastik, berpori, dan seperti spon. Apabila diletakkan di dalam air, paru-paru akan mengapung karena mengandung udara di dalamnya. Paru-paru dibagi menjadi beberapa belahan atau lobus.

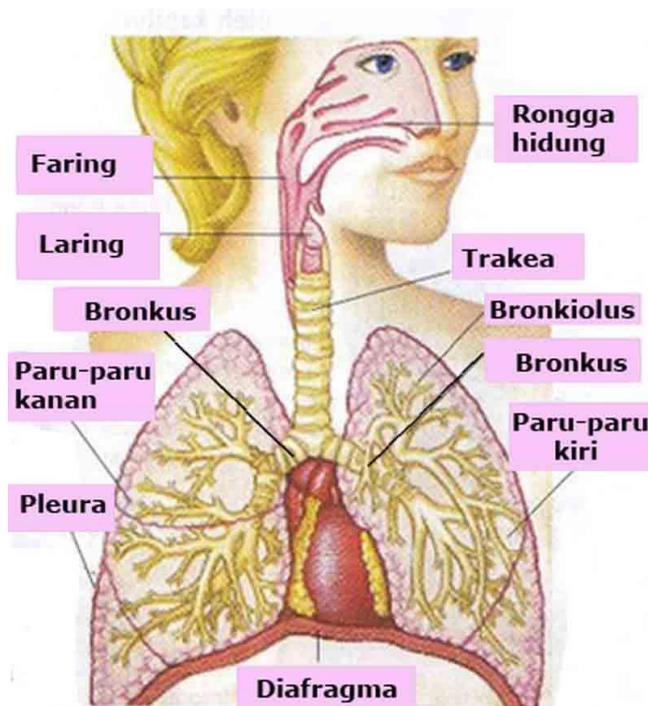
Paru-paru kanan mempunyai tiga lobus dan paru-paru kiri dua lobus. Setiap lobus tersusun atas lobula. Paru-paru dilapisi oleh selaput atau membran serosa rangkap dua disebut pleura. Di antara kedua lapisan pleura itu terdapat eksudat untuk meminyaki permukaannya sehingga mencegah terjadinya gesekan antara paru-paru dan dinding dada yang bergerak saat bernapas. Dalam keadaan sehat kedua lapisan itu saling erat bersentuhan. Namun dalam keadaan tidak normal, udara atau cairan memisahkan kedua pleura itu dan ruang di antaranya menjadi jelas.

Tekanan pada rongga pleura atau intratoraks lebih kecil daripada tekanan udara luar ( $\pm 3-4$  mmHg). Di bagian dalam paru-paru terdapat gelembung halus yang merupakan perluasan permukaan paru-paru yang disebut alveolus dan jumlahnya lebih kurang 300 juta buah. Dengan adanya alveolus, luas permukaan paru-paru diperkirakan mencapai 160 m<sup>2</sup> atau 100 kali lebih luas daripada luas permukaantubuh.

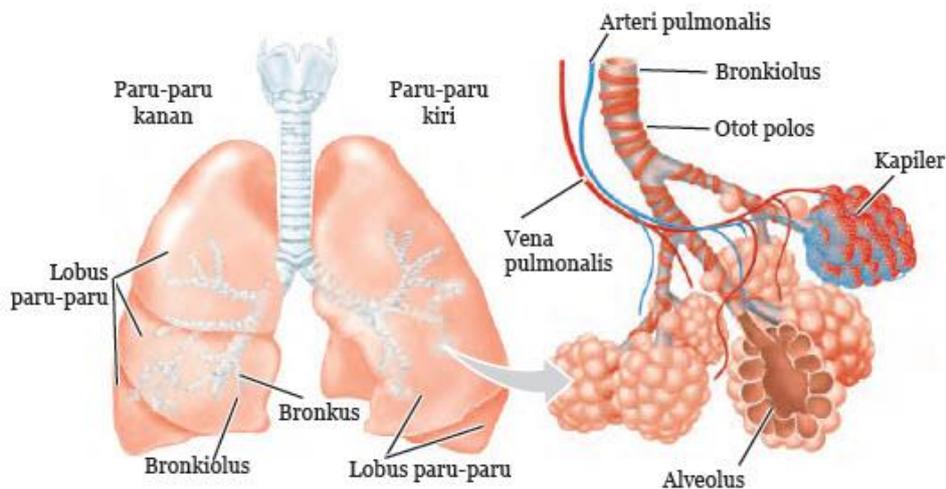
Anda telah mengingat kembali berbagai macam organ-organ penyusun sistem pernapasan pada manusia. Pada manusia, organ pernapasan utamanya adalah paru-paru (pulmo) dan dibantu oleh alat-alat pernapasan lain. Jalur udara pernapasan untuk menuju selsel tubuh adalah:

**rongga hidung — faring (rongga tekak) — laring — trakea (batang tenggorok) — bronkus — alveolus — sel-sel tubuh.**

Namun, mekanisme pernapasan pada manusia tidaklah sesederhana itu. Dalam sistem pernapasan terjadi pertukaran gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub>. Bagaimana mekanisme pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> di dalam tubuh kita?



Gambar 1. Alat Pernapasan Manusia  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)



Gambar 2. Struktur Alat Pernapasan Manusia  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

### C. Mekanisme Pernapasan

Saat kita bernafas udara akan masuk ke rongga hidung, kemudian menuju laring, masuk dalam trakea kemudian bronkus dan akhirnya masuk paru-paru. Di dalam paru paru terdapat alveolus dengan dinding sangat tipis dan lembab. Hal ini diperlukan supaya pertukaran gas antara ruang alveolus dengan kapiler darah yang memenuhi alveolus dapat berlangsung dengan baik. Kapiler darah dari alveoli yang kaya akan oksigen akan bergabung menuju vena paru-paru kemudian menuju jantung dan disebarkan ke seluruh tubuh. Saat darah yang

kaya oksigen masuk ke dalam sel tubuh, terjadi pertukaran gas oksigen dengan karbondioksida. Oleh aliran darah karbondioksida di bawa ke paru paru dan dikeluarkan dengan cara ditukar dengan oksigen.

Udara dapat terpompa keluar dan masuk di dalam paru-paru karena adanya kerja otot-otot. Saat menarik udara ke dalam paru paru atau disebut sebagai inspirasi, rongga dada membesar, tekanannya berkurang, maka udara luar masuk ke paru-paru. Saat menghembuskan udara atau ekspirasi, rongga dada mengecil, tekanan menjadi tinggi, maka udara dari paru-paru keluar.

Membesar dan mengecilnya volume rongga dada dapat dikontrol sekehendak kita, yaitu dengan melibatkan otot-otot yang berada di antara tulang rusuk, otot dada, dan otot yang membentuk diafragma. Pernafasan yang menggunakan kerja otot-otot rusuk, sehingga saat bernafas dada tampak turun-naik disebut sebagai *pernafasan dada*.

Apabila otot perut dan otot diafragma berkontraksi maka udara masuk ke dalam paru-paru. Sebaliknya, apabila otot perut dan otot diafragma relaksasi maka udara keluar dari paru-paru. Pernafasan inilah yang dikenal dengan pernafasan perut. Dalam keadaan tidur orang lebih sering menggunakan pernafasan perut.

Berdasarkan otot yang berperan aktif pada proses pernafasan, pernafasan pada manusia dapat dibedakan menjadi pernafasan dada dan pernafasan perut.

### **1. Pernafasan dada**

Otot yang berperan aktif dalam pernafasan dada adalah otot antartulang rusuk (interkostal). Otot ini dapat dibedakan menjadi dua, yaitu otot antartulang rusuk luar (interkostal eksternal) yang berperan mengangkat tulang-tulang rusuk, dan otot antartulang rusuk dalam (interkostal internal) yang berperan menurunkan tulang rusuk ke posisi semula.

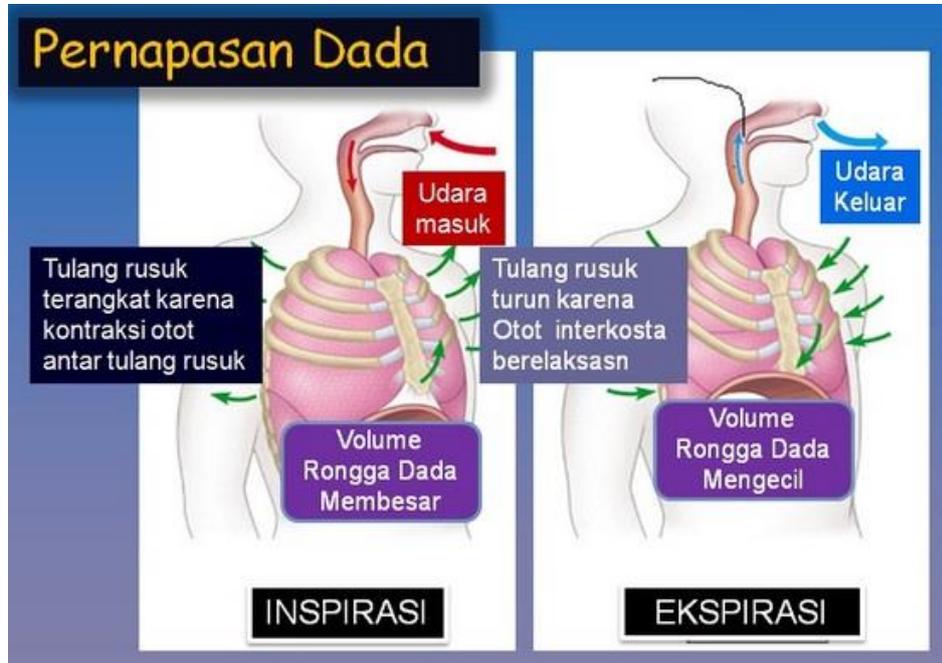
Apabila otot antartulang rusuk luar berkontraksi, tulang rusuk terangkat hingga volume rongga dada bertambah besar. Hal ini menyebabkan tekanan udara rongga dada menjadi lebih kecil dari tekanan udara rongga paru-paru, sehingga mendorong paru-paru mengembang dan mengubah tekanannya menjadi lebih kecil daripada tekanan udara bebas. Selanjutnya akan terjadi aliran udara dari luar ke dalam rongga paru-paru melalui rongga hidung, batang tenggorokan, bronkus, dan alveolus. Proses ini disebut inspirasi.

Bila otot antartulang rusuk dalam berkontraksi, tulang rusuk akan tertarik ke posisi semula sehingga mendesak dinding paru-paru. Akibatnya, rongga paru-paru mengecil dan menyebabkan tekanan udara di dalamnya meningkat. Hal ini menyebabkan udara dalam rongga paru-paru terdorong ke luar. Proses ini disebut ekspirasi.

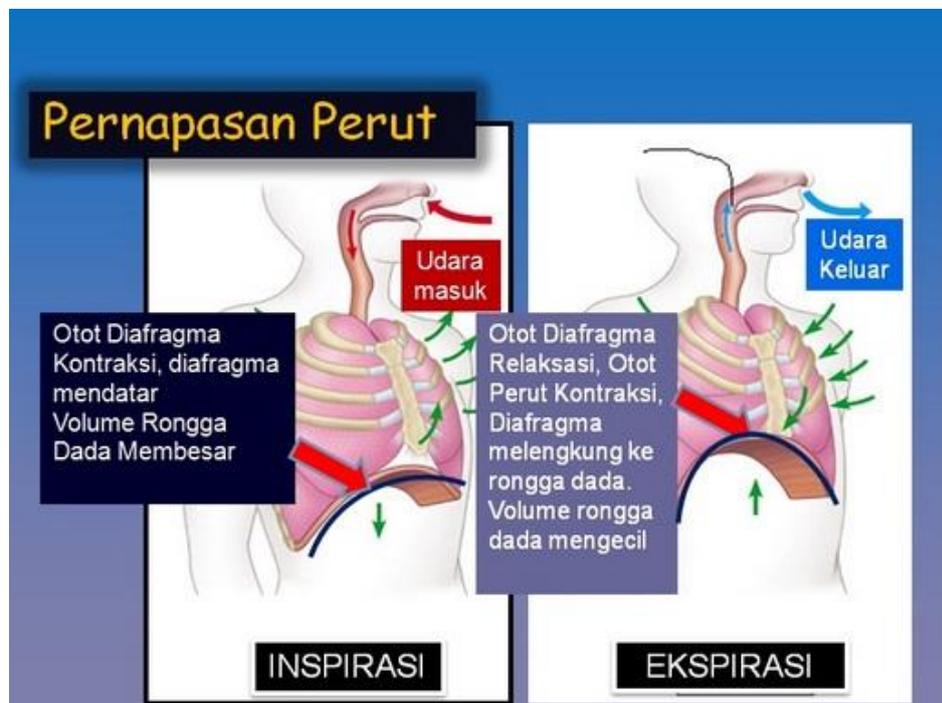
### **2. Pernafasan Perut**

Pada pernafasan perut, otot yang berperan aktif yaitu otot diafragma dan otot dinding rongga perut. Apabila otot diafragma berkontraksi, posisi diafragma akan mendatar. Hal ini menyebabkan volume rongga dada bertambah besar, sehingga tekanan udara di dalamnya mengecil. Penurunan tekanan udara akan diikuti mengembangnya paru-paru. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran udara ke dalam paru-paru (inspirasi).

Apabila otot diafragma berelaksasi dan otot dinding perut berkontraksi, isi rongga perut akan terdesak ke arah diafragma, sehingga posisi diafragma akan cekung ke arah rongga dada. Hal ini menyebabkan volume rongga dada mengecil dan tekanannya meningkat, sehingga menyebabkan isi rongga paru-paru terdorong ke luar dan terjadilah ekspirasi.



Gambar 3. Pernapasan Dada  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)



Gambar 3. Pernapasan Perut  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

#### **D. Frekuensi Pernapasan**

Gerakan pernapasan diatur oleh pusat pernapasan di otak, sedangkan aktivitas saraf pernapasan dirangsang oleh stimulus (rangsangan) dari karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Pada umumnya, manusia mampu bernapas antara 15–18 kali setiap menitnya. Frekuensi pernapasan dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut.

##### **1. Umur**

Bayi dan balita memiliki frekuensi bernapas lebih banyak dibanding orang dewasa. Hal itu disebabkan volume paru-paru yang relatif kecil dan sel-sel tubuh sedang berkembang sehingga membutuhkan banyak oksigen. Orang tua juga memiliki frekuensi napas lebih banyak karena kontraksi otot dada dan diafragma tidak sebaik saat masih muda, sehingga udara pernapasan lebih sedikit.

##### **2. Jenis Kelamin**

Frekuensi pernapasan wanita pada umumnya lebih banyak daripada laki-laki. Hal ini disebabkan wanita pada umumnya memiliki volume paru-paru lebih kecil dari laki-laki sehingga frekuensi bernapasnya lebih banyak.

##### **3. Suhu Tubuh**

Semakin tinggi suhu tubuh, semakin cepat frekuensi pernapasannya. Hal ini berhubungan erat dengan peningkatan proses metabolisme tubuh.

##### **4. Posisi Tubuh**

Posisi tubuh sangat berpengaruh terhadap frekuensi pernapasan. Pada tubuh yang berdiri, otot-otot kaki akan berkontraksi sehingga diperlukan tenaga untuk menjaga tubuh tetap tegak berdiri. Untuk itu diperlukan banyak O<sub>2</sub> dan diproduksi banyak CO<sub>2</sub>. Pada posisi tubuh berdiri, frekuensi pernapasannya meningkat. Pada posisi duduk atau tiduran, beban berat tubuh disangga oleh sebagian besar bagian tubuh sehingga terjadi penyebaran beban. Hal ini mengakibatkan jumlah energi yang diperlukan untuk menyangga tubuh tidak terlalu besar sehingga frekuensi pernapasannya juga rendah.

##### **5. Kegiatan Tubuh**

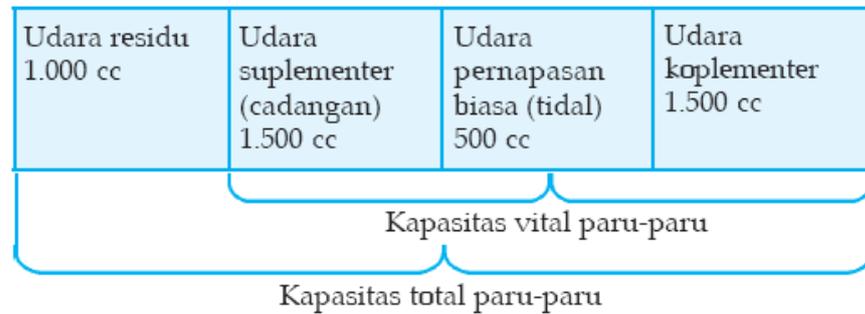
Orang yang banyak melakukan kegiatan memerlukan lebih banyak energi dibandingkan dengan orang yang tidak melakukan kegiatan (santai/tidur). Oleh karena itu, tubuh memerlukan lebih banyak oksigen untuk oksidasi biologi dan lebih banyak memproduksi zat sisa. Tubuh perlu meningkatkan frekuensi pernapasan agar dapat menyediakan oksigenyang lebih banyak.

#### **E. Volume Udara Pernapasan**

Setiap kali gerakan bernapas, 1/7 kapasitas vital udara mengalir ke dalam dan keluar dari paru-paru. Gerakan demikian sekitar 16-20 kali / menit, total ventilasi sekitar 8-10 liter. Pada orang yang giat bernapas, frekuensi gerakan bernapas dapat meningkat sampai 50 kali/menit, total ventilasi menjadi sekitar 20 liter.

Selama bernapas, dua rangkai otot antar tulang rusuk (*muskulus intercostalis*) berkontraksi dan memasukkan udara ke dalam paru-paru, jika otot relaksasi udara dikeluarkan dari paru-paru. Volume udara yang diambil disebut **inhalasi**,

dan volume yang dikeluarkan disebut **ekshalasi**. Inhalasi normal mengambil volume udara 500 cc (volume tidal) atau 10% dari volume udara total dalam trakea dan paru-paru (5 liter atau 5000 cc). Inhalasi dan ekshalasi maksimal sebanyak 4 liter atau 4000 cc udara (kapasitas vital) atau 80% volume udara total dalam trakea dan paru-paru. Diafragma merupakan sekat yang memisahkan rongga dada dan rongga perut, membantu fungsi pernapasan.



Gambar 4. Volume Udara pada Pernapasan

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

#### F. Jenis Pernapasan pada Manusia

- Ada beberapa jenis pernapasan pada manusia. Ini membuat kapasitas udara yang masuk dari luar juga menampung volume berbeda beda. Simak ulasan berikut :
- **Udara tidal** – Biasa di sebut dengan udara pernapasan biasa. Merupakan udara yang biasa keluar dan masuk ke dalam paru paru pada saat melakukan pernapasan biasa. Volume yang bisa di capai saat melakukan pernapasan biasa ini sekitar 500 ml pada usia dewasa.
- **Udara komplementer** – Merupakan udara yang bisa masuk setelah melakukan inspirasi biasa. Yakni dengan cara menarik napas dengan sedalam dalamnya. Dengan cara ini kita memang sengaja memasukan udara yang banyak ke dalam tubuh. Efeknya memang mampu membuat diri anda tenang. Volume maksimal yang bisa di capai saat memasukkan udara komplementar ini sekitar 1500 ml pada usia dewasa.
- **Udara suplementer** – Selain mengenal udara komplementer, maka kita juga akan bertemu dengan udara suplementar. Yakni merupakan udara yang kita keluarkan atau di hembuskan dengan sekuat kuatnya dari dalam tubuh. Biasanya kita akan melakukan hal ini setelah melakukan ekspirasi. Udara yang akan kita keluarkan setelah melakukan ekspirasi ini di namakan dengan udara suplementer. Total volume yang bisa di capai untuk sekali melakukan udara suplementer ini adalah 1500 ml pada usia dewasa.
- **Udara residu** – Meskipun kita sudah menarik napas sekuat kuatnya, lalu menghembuskannya dengan kuat, bukan berarti kantong udara di dalam paru paru kita kosong. Namun sejatinya tetap masih ada udara yang tertinggal di dalamnya. Nama udara yang masih ada di dalam paru paru walaupun sudah di keluarkan semuanya adalah udara residu. Total

volume maksimal dari udara residu ini sejumlah 1500 ml pada usia dewasa.

- **Kapasitas vital paru paru** – Setelah kita mengenal udara tidal yang merupakan pernapasan biasa, lalu masih ada udara komplementer atau udara yang masih bisa masuk setelah kita melakukan inspirasi. Kemudian ada juga mengenai udara suplementer atau udara yang masih bisa di keluarkan walaupun setelah melakukan ekspirasi, juga masih ada udara residu atau udara yang masih ada dan tinggal di dalam paru paru. Sehingga paru paru kita tidak benar benar kosong. Masih ada satu istilah lagi, yakni kapasitas paru-paru. Yakni merupakan kapasitas total dari penjumlahan antara udara tidal, udara komplementer, serta udara suplementer.

## G. Pigmen Pernapasan

Hemoglobin merupakan pigmen pernapasan yang terdiri dari empat rantai polipeptida/protein, masing-masing dilengkapi gugus heme yang mengandung besi. Oksigen berikatan secara khusus pada atom besi dan asam amino tertentu pada bagian empat rantai protein di atas. Hemoglobin berikatan dengan empat molekul O<sub>2</sub> disebut **oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>)**.

Hemoglobin dibuat dalam sel darah merah yang belum matang dan memberi warna merah pada darah. Pada hewan vertebrata, hemoglobin tetap berada pada sel darah merah. Keberadaan hemoglobin dalam sel darah merah memberikan beberapa keuntungan, yaitu : 1). Molekul hemoglobin selalu dekat dengan enzim dan faktor lain pada sitoplasma sel darah merah yang memelihara atau merubah pengikatan komponen pigmen; 2). Berikatan dengan sel, hemoglobin tidak menambah tekanan osmotik plasma darah; jika hemoglobin beredar bebas, osmosis dapat memelihara keseimbangan cairan lebih kuat dari jaringan; dan 3). Karena sel darah merah memiliki diameter yang hampir sama dengan sebuah kapiler, tekanan sel darah merah melalui kapiler dapat lebih efisien mengatur plasma dan memindahkan O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, nutrien dan limbah.

Hemoglobin mengikat O<sub>2</sub> ketika tekanan O<sub>2</sub> (PO<sub>2</sub>) tinggi dalam paru-paru dan melepaskannya ketika PO<sub>2</sub> rendah dalam jaringan. pH darah dan organofosfat dalam sel darah merah serta temperatur darah dapat merubah afinitas pengikatan hemoglobin terhadap O<sub>2</sub>. **Mioglobin** merupakan pigmen cadangan yang kebanyakan ditemukan pada jaringan otot; dan memelihara tersedianya O<sub>2</sub> dan dapat melepaskannya pada keadaan kebutuhan O<sub>2</sub> tinggi dan tingkat PO<sub>2</sub> lokal rendah.

Karbondioksida diedarkan oleh plasma darah dan sel darah merah, kebanyakan sebagai ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Hemoglobin merupakan buffer utama darah dan pembawa H<sup>+</sup>. Pusat pernapasan di otak (**medula oblongata**) dapat merespon perubahan PCO<sub>2</sub> (tekanan CO<sub>2</sub>) dan pH ke derajat yang lebih rendah untuk mengubah PO<sub>2</sub> dalam kemoreseptor perifer. Kecepatan bernapas selama olahraga dikontrol oleh refleks mekanoreseptor, bukan melalui perubahan kimia darah.

## H. Pengangkutan Gas

Sebagian besar karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) dalam darah diangkut sebagai  $\text{HCO}_3^-$ , khususnya sejumlah besar dibentuk dengan cepat dalam sel darah.  $\text{CO}_2$  diikat oleh hemoglobin (karbamino hemoglobin/ $\text{HbCO}_2$ ) dan sebagian kecil bergerak sebagai gas terlarut dalam plasma darah. Reaksi terjadi dalam kapiler darah (a). tempat dimana  $\text{CO}_2$  diambil, kebalikan dari paru-paru; (b).  $\text{CO}_2$  dialirkan ke alveoli. Kunci sistem ini adalah menjaga kadar  $\text{H}^+$  darah rendah dan pH mendekati 7,3. Jika  $\text{H}^+$  terbentuk dalam plasma dan sel darah merah, pernapasan jadi cepat; pembuangan  $\text{CO}_2$  lebih cepat dan terjadi berbagai reaksi, sehingga  $\text{H}^+$  lebih banyak bergabung dengan  $\text{HCO}_3^-$ . Setelah Hb melepaskan  $\text{H}^+$ ,  $\text{O}_2$  berdifusi ke dalam sel darah merah pada kapiler paru-paru berikatan dengan hemoglobin (menjadi  $\text{HbO}_2$ ). Dalam jaringan ( $\text{HbO}_2$ ) melepaskan  $\text{O}_2$ , yang berdifusi ke dalam sel jaringan.

## I. Proses Pernapasan Manusia

Manusia bernapas dengan memasukkan oksigen ke dalam tubuh. Maka jalannya berawal dari rongga hidung, kemudian masuk ke dalam faring. Setelah itu melewati trakea atau tenggorokan, lalu menuju bronkus. Jika sudah beres, akan masuk ke dalam paru paru yang mana di dalamnya terdapat bronkiolus dan juga alveolus.

- 1) **Perjalanan di dalam hidung** – Udara yang masuk ketika kita menarik napas atau di kenal dengan proses inspirasi melalui hidung. Baik itu adalah hidung kanan atau kiri. Kemudian saat masuk ke dalam hidung, suhu dan juga tekanannya di sesuaikan dengan suhu dan tekanan yang ada dalam tubuh. Termasuk pula di lakukan proses penyaringan oleh bulu hidung, jika memang ada kotorannya bisa di tinggal di bulu hidung. Boleh juga melakukan pernapasan menggunakan mulut.
- 2) **Keadaan diafragma** – Saat melakukan inspirasi atau penarikan udara dari luar agar masuk ke dalam tubuh, bukan hanya hidung saja yang bekerja. Namun juga otot otot diafragma ikut berkontraksi. Jika dalam keadaan normal, otot diafragma bentuknya melengkung ke atas. Tapi ketika ia sedang berkontraksi, bentuknya menjadi mendatar lurus. Hal ini membuat rongga dada menjadi besar mengembang. Pada saat ini, di namakan pula sebagai pernapasan perut.
- 3) **Keadaan rongga dada** – Secara tidak langsung, ketika diafragma mendatar, rongga dada yang membesar, akan mempengaruhi keberadaan otot tulang rusuk. Karena semua berkontraksi, akhirnya otot tulang rusuk juga ikut berkontraksi. Hal ini membuat rongga dada mengembang. Inilah yang di namakan dengan pernapasan dada.
- 4) **Udara masuk ke dalam tubuh** – Setelah dada mengembang, membuat tekanan yang ada di dalam rongga dada menurun. Ini menjadikan tekanan yang ada di luar tubuh menjadi tinggi. maka perbedaan tekanan ini membuat udara yang ada di luar tubuh bisa masuk ke dalam tubuh melalui hidung atau mulut. Kemudian udara tadi berjalan sesuai aliran arah pernapasan di dalam paru paru. Karena udara sudah masuk ke dalam paru paru, maka paru paru yang tadinya berkontraksi menjadi terisi dan mengembang,
- 5) **Kerongkongan dan tenggorokan** – Setelah berjalan melalui hidung, maka udara akan melaju sampai pada kerongkongan. Baru kemudian masuk ke dalam tenggorokan.

- 6) **Batang tenggorokan atau trakea** – Kemudian setelah melalui tenggorokan, udara akan masuk ke dalam batang tenggorokan atau trakea.
- 7) **Bronchus** – Setelah itu, udara yang berasal dari trakea akan di lanjutkan ke bronchus. Di dalam bronchus, ada beberapa tingkat percabangan. Nantinya ada udara yang di giring masuk ke dalam paru paru kanan, dan ada pula yang di giring masuk ke dalam paru paru kiri.
- 8) **Bronkiolus** – melewati percabangan pada bronchus, maka ada udara yang masuk ke dalam bronkiolus kanan dan kiri. Sebenarnya antara kanan maupun kiri, ke duanya sama saja. Di sini udara hanya lewat saja sebelum masuk ke dalam alveolus
- 9) **Alveolus** – setelah selesai memasuki bronkiolus, akhirnya udara akan segera di proses di alveolus. Di sini udara melalui proses kimiawi dengan beberapa zat yang ada di dalam tubuh, pertukaran oksigen dan karbon dioksida juga terjadi di dalam sini. Oksigen yang sudah siap akan di ikat pada kapiler darah. Kemudian di alirkan melalui vena pulmonalis atau pembuluh balik paru paru. Selanjutnya darah yang sudah di ikat tadi di bawa ke jantung agar bisa di alirkan ke seluruh tubuh.

## **J. Gangguan pada Sistem Pernafasan**

Gangguan pada pernafasan dapat disebabkan oleh adanya gangguan atau kelainan pada organ penyusun sistem pernafasan. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh faktor keturunan, kebiasaan merokok, penggunaan obat terlarang, oleh virus atau pun bakteri.

Pada beberapa orang memiliki faktor genetik berupa alergi yang dapat menimbulkan penyempitan pada bronkus. Akibat penyempitan akan membuat kekurangan oksigen dan merasa sesak nafas. Penyakit seperti ini lebih kita kenal sebagai asma.

Kebiasaan merokok sangat berpotensi besar dalam merusak paru-paru. Dalam rokok terkandung nikotin yang bersifat racun dan dapat menimbulkan kanker atau karsinogenik. Rokok juga dapat menyebabkan kita terserang bronkitis. Bronkitis merupakan peradangan pada bronkus. Radang pada bronkus ini akan membuat tubuh kita menghasilkan lendir sebagai reaksi perlawanan terhadap penyakit yang masuk. Lendir pada saluran bronkus akan mengganggu jalannya pernafasan karena menimbulkan penyempitan pada jalan udara yang masuk atau pun keluar dalam bronkus.

Obat terlarang seperti sabu-sabu, kokain, heroin dan lain-lain sangat berpotensi dalam merusak seluruh organ dalam tubuh kita, selain ginjal, otak, dan hati. Organ yang paling cepat terpengaruh oleh penggunaan obat terlarang ini adalah paru-paru, terutama jika penggunaan obat dilakukan dengan cara menghisap melalui sistem pernafasan. Fungsi paruparu akan terganggu yang menyebabkan paru-parunya mulai menyusut dan mengecil. Akibat penggunaan obat terlarang kanker pada paru-paru seperti terpicu dengan cepat untuk membesar dan menjadi ganas.

Virus yang dapat menimbulkan penyakit paru-paru kita kenal sebagai virus H5N1. Virus ini menunjukkan gejala sesak nafas dan demam yang tinggi. Virus ini ditularkan burung, ayam, bebek dan unggas lainnya, sehingga dikenal sebagai virus flu burung. Virus yang dapat menimbulkan penyakit paru-paru kita kenal sebagai virus H5N1. Virus ini menunjukkan gejala sesak nafas dan demam yang tinggi. Virus ini ditularkan burung, ayam, bebek dan unggas lainnya sehingga dikenal sebagai virus flu burung.

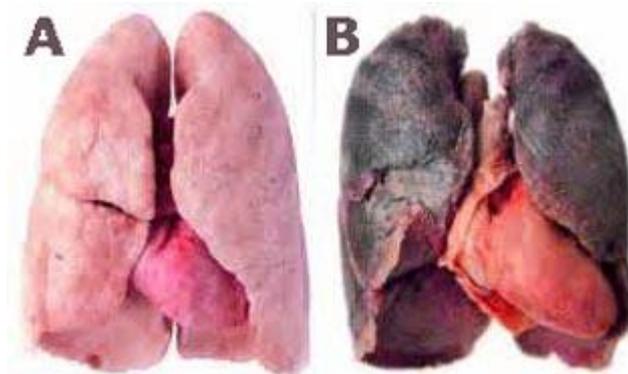
Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* merupakan bakteri yang dapat menimbulkan gangguan pada sistem pernafasan. Penyakit akibat bakteri ini kita kenal sebagai TBC. Bakteri ini akan menimbulkan peradangan pada dinding alveolus, sehingga fungsi alveolus untuk memasukkan udara dalam tubuh terhambat. Jika keseluruhan dari paru-paru mengalami kerusakan pada alveolusnya akibat bakteri ini, maka akan menimbulkan kematian karena tidak ada oksigen yang bisa masuk dalam tubuh kita.

Gangguan pada sistem pernafasan biasanya disebabkan oleh kelainan dan penyakit yang menyerang alat-alat pernafasan. Beberapa jenis kelainan dan penyakit pada sistem pernafasan sebagai berikut.

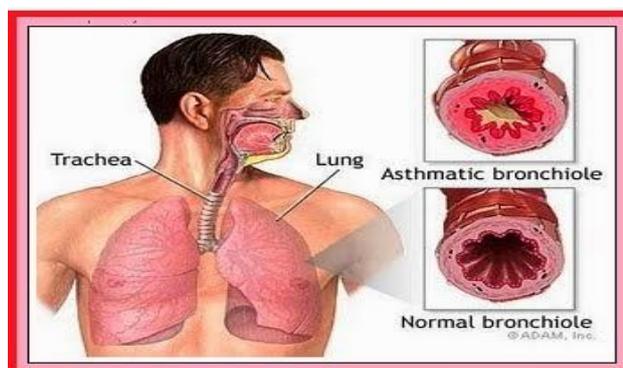
- a. **Asfiksi**, yaitu kelainan atau gangguan dalam pengangkutan oksigen ke jaringan atau gangguan penggunaan oksigen oleh jaringan. Penyebabnya dapat terletak di paru-paru, di pembuluh darah, atau dalam jaringan tubuh. Misalnya: seseorang yang tenggelam, alveolusnya terisi air; orang yang menderita pneumonia, alveolusnya terisi cairan limfa; serta orang yang keracunan karbon monoksida dan asam sianida, Hb-nya tercemar oleh zat racun tersebut. Keracunan karbon monoksida dan asam sianida terjadi karena kedua zat ini memiliki afinitas terhadap hemoglobin lebih besar daripada oksigen.
- b. **Penyempitan atau penyumbatan saluran napas**, dapat disebabkan oleh pembengkakan kelenjar limfa, misalnya polip (di hidung) dan amandel (di tekak), yang menyebabkan penyempitan saluran pernafasan sehingga menimbulkan kesan wajah bodoh dan sering disebut wajah adenoid. Penyempitan ini dapat pula terjadi karena saluran pernafasannya yang menyempit akibat alergi, misalnya pada asma bronkiale.
- c. **Anthrakosis**, yaitu kelainan pada alat pernafasan yang disebabkan oleh masuknya debu tambang. Jika yang masuk debu silikat, disebut silicosis.
- d. **Bronkitis**, terjadi karena peradangan bronkus.
- e. **Pleuritis**, yaitu peradangan selaput (pleura) karena pleura mengalami penambahan cairan intrapleura, akibatnya timbul rasa nyeri saat bernapas.
- f. **Tuberkulosis (TBC)**, yaitu penyakit paru-paru karena *Mycobacterium tuberculosis*, tandanya terbentuk bintik-bintik kecil pada dinding alveolus.
- g. **Pneumonia atau logensteking**, yaitu penyakit radang paru-paru yang disebabkan *Diplococcus pneumoniae*.
- h. **Penyakit diphteri**, misalnya diphteri tekak, tenggorokan, dan diphteri hidung. Penyakit ini biasa menyerang saluran pernafasan anak bagian atas. Kuman penyebabnya *Corynebacterium diphteriae*. Kuman diphteri

tersebut mengeluarkan racun dan bila racun ini beredar bersama darah, akan merusak selaput jantung.

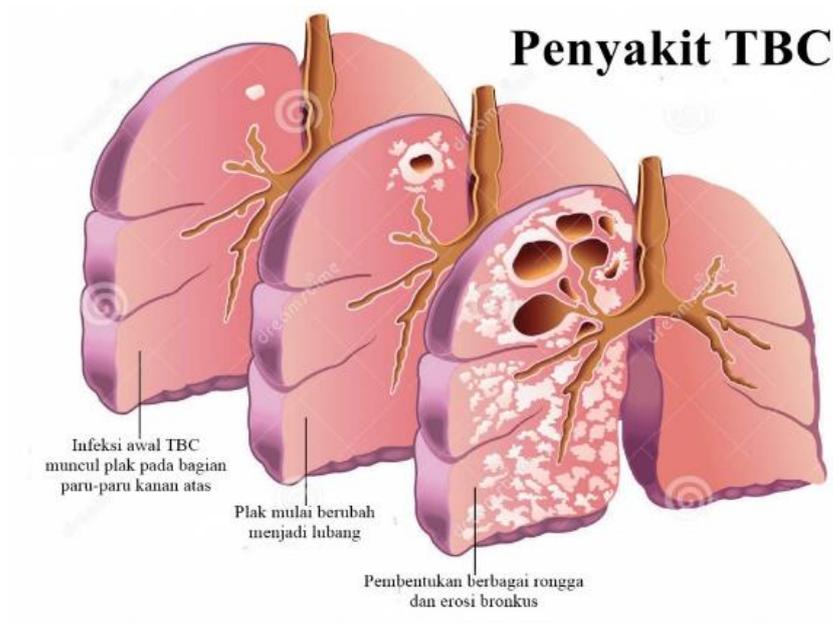
- i. **Faringitis**, yaitu infeksi pada faring oleh bakteri dan virus. Gejalanya adalah kerongkongan terasa nyeri saat menelan.
- j. **Tonsilitis**, yaitu radang karena infeksi oleh bakteri tertentu pada tonsil. Gejalanya yaitu tenggorokan sakit, sulit menelan, suhu tubuh naik, demam, dan otot-otot terasa sakit.
- k. **Kanker paru-paru**, biasa diderita oleh perokok. Kanker ini disebabkan oleh adanya tumor ganas yang terbentuk di dalam epitel bronkiolus.
- l. **Asma**, yaitu gangguan pada rongga saluran pernapasan yang diakibatkan oleh berkontraksinya otot polos pada trakea. Hal ini akan mengakibatkan penderita sukar bernapas.
- m. **Influenza**, disebabkan oleh virus yang menimbulkan radang pada selaput mukosa di saluran pernapasan.
- n. **Emfisema**, yaitu suatu penyakit yang terjadi karena ketidaknormalan (abnormalitas) susunan dan fungsi alveolus. Akibatnya, terjadi inefisiensi pengikatan O<sub>2</sub> sehingga pernapasan menjadi sulit.



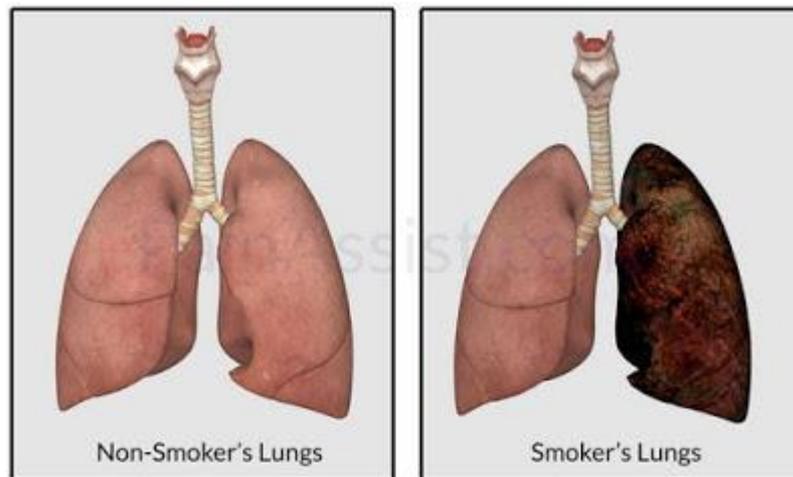
Gambar 5. Kanker Paru  
Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)



Gambar 6. Asma  
Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)



Gambar 7. TBC  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)



Gambar 8. Paru sehat vs Paru Perokok  
 Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

Bila terjadi gangguan pada saluran pernapasan, perlu diberikan pertolongan segera. Pertolongan tersebut harus disesuaikan dengan jenis penyebabnya seperti uraian berikut.

- a. Pada penderita pernapasan yang disebabkan infeksi, perlu diberikan antibiotika. Tujuannya adalah mematikan kuman penyebab infeksi.
- b. Bila bagian paru-paru ada yang terluka, maka paru-paru tersebut harus diistirahatkan dengan cara mengisi udara steril pada celah antarpelura.
- c. Pada penderita gangguan pernapasan akibat tenggelam atau shock karena sengatan arus listrik, pusat pernapasannya sering terhenti sementara sehingga gerakan bernapas juga sering terhenti untuk sementara waktu.

Untuk mengatasinya, perlu diberikan pernapasan buatan. Dalam keadaan darurat, pernapasan buatan sering diberikan dengan bantuan mulut. Cara seperti ini disebut cara sylvester.

Asap rokok ternyata dapat mengakibatkan gangguan pada saluran pernapasan. Hal ini disebabkan karena asap rokok yang dihirup seorang perokok mengandung komponen gas dan partikel-partikel yang dibebaskan selama merokok sebanyak  $5 \times 10^9$  ppm.

Komponen gas terdiri dari karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen sianida, amonia, oksida dari nitrogen, dan senyawa hidrokarbon. Adapun komponen partikel terdiri dari tar, nikotin, benzopiren, fenol, dan kadmium.

Asap yang diembuskan para perokok dapat dibagi atas asap utama dan asap samping. Asap utama merupakan asap tembakau yang dihirup langsung oleh perokok, sedangkan asap samping merupakan asap tembakau yang disebarkan ke udara bebas yang akan dihirup oleh orang lain. Telah ditemukan 4.000 jenis bahan kimia dalam rokok dengan 40 jenis di antaranya bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker). Bahan racun ini lebih banyak ditemukan pada asap samping daripada asap utama.

Merokok dapat menyebabkan perubahan struktur fungsi saluran napas dan jaringan paru-paru. Misalnya pada saluran napas besar, sel mukosa membesar, dan kelenjar mukus bertambah banyak. Pada saluran napas kecil, terjadi radang ringan dan penyempitan akibat penumpukan lendir. Akibat perubahan anatomi saluran napas, pada perokok akan timbul perubahan fungsi paru-paru dengan gejala klinisnya. Misalnya, timbulnya Penyakit Obstruksi Paru Menahun (POPM) yaitu emfisema, bronkitis kronis, dan asma. Selain itu, juga dapat menimbulkan kanker paru-paru. Bagaimana kondisi paru-paru antara orang perokok dan bukan perokok?

## **K. Cara Memelihara Alat Pernapasan**

Memelihara alat pernapasan, yaitu dengan cara sebagai berikut:

### **1) Menjaga kesehatan alat pernapasan.**

- Makan makanan yang bergizi, misal sayuran agar daya tahan tubuh kita terjaga baik
- Berolahraga teratur, karena olahraga melatih alat-alat pernapasan agar dapat bekerja dengan baik.
- Istirahat yang cukup dan posisi tidur yang benar. Posisi tidur yang menyehatkan adalah posisi tidur yang miring ke kanan. Sedangkan posisi tidur yang harus kita hindari adalah posisi tidur yang tertelungkup.

### **2) Mencegah zat-zat yang merusak alat pernapasan.**

- Tidak merokok, rokok berbahaya bagi tubuh karena banyak mengandung zat racun.
- Menggunakan masker jika berada di lingkungan yang kotor
- Jaringan paru-paru sangat sensitif terhadap sesuatu yang dingin. Oleh karena itu sebaiknya mengurangi konsumsi makanan dingin.
- Apabila banyak ditemukan lendir dalam paru-paru, maka kapasitas udara yang disimpan dalam paru-paru akan lebih sedikit. Lendir dapat tercetus karena makanan. Hindarilah mengonsumsi banyak gula dan bahan kimia yang terkandung dalam makanan.

### 3) Merawat alat pernafasan

- Membersihkan rongga hidung secara teratur. Rongga hidung memiliki bulu-bulu halus yang berfungsi menyaring kotoran yang masuk ketika bernapas.
- Memeriksa kesehatan pernafasan ke dokter secara teratur.

### 4) Menjaga kesehatan lingkungan sekitar.

- Rumah yang sehat untuk paru-paru adalah rumah yang memiliki sirkulasi udara yang baik dengan adanya ventilasi yang cukup.
- Menjaga kebersihan lingkungan agar tidak ada debu yang berterbangan yang dapat menimbulkan gangguan pernapasan
- Membuat udara bersih dan segar dengan menanam pepohonan di sekitar tempat tinggal
- Mencegah ruangan/kamar lembab. Penyakit paru-paru terjadi akibat kuman dan virus yang berkembang di ruangan yang tingkat kelembaban tinggi yang masuk melalui saluran pernapasan.

## 2. SISTEM PERNAPASAN HEWAN

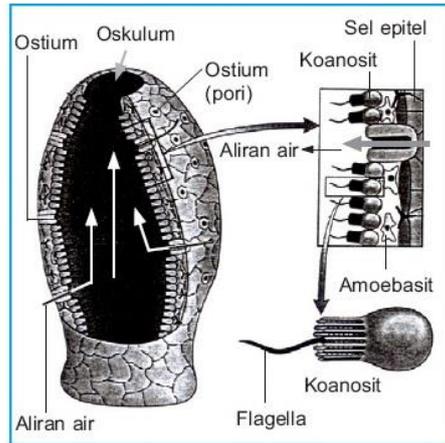
### a. Pernapasan pada Hewan Invertebrata

Hewan-hewan Invertebrata ada yang belum memiliki sistem pernapasan khusus, seperti Porifera dan sebagian cacing (Vermes). Umumnya hewan-hewan tersebut melakukan pernapasan langsung, yaitu secara difusi melalui permukaan tubuhnya. Namun, pada hewan-hewan yang lebih tinggi, seperti Mollusca dan Arthropoda sudah memiliki sistem pernapasan khusus, walaupun masih sederhana. Misalnya Insecta dan Myriapoda bernapas menggunakan trakea, hewan-hewan Arachnida, misalnya laba-laba bernapas menggunakan paru-paru buku. Hewan-hewan yang hidup di air misalnya Crustacea (golongan udang-udangan) dan Mollusca (siput dan kerang) bernapas menggunakan insang.

#### 1) Porifera

Porifera bernapas dengan cara memasukkan air melalui pori-pori (ostium) yang terdapat pada seluruh permukaan tubuhnya, masuk ke dalam rongga spongocoel. Proses pernapasan selanjutnya dilakukan oleh sel leher (koanosit), yaitu sel yang berbatasan langsung dengan rongga spongocoel. Perhatikan

Aliran air yang masuk melalui ostium menuju rongga spongocoel membawa oksigen sekaligus zat-zat makanan. Pengikatan  $O_2$  dan pelepasan  $CO_2$  dilakukan oleh sel leher (koanosit). Selain melakukan fungsi pernapasan, sel leher sekaligus melakukan proses pencernaan dan sirkulasi zat makanan. Selanjutnya, air keluar melalui oskulum.



Sumber: *Biology, Mader S.S.*

Gambar 9. Alat Pernapasan Porifera

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

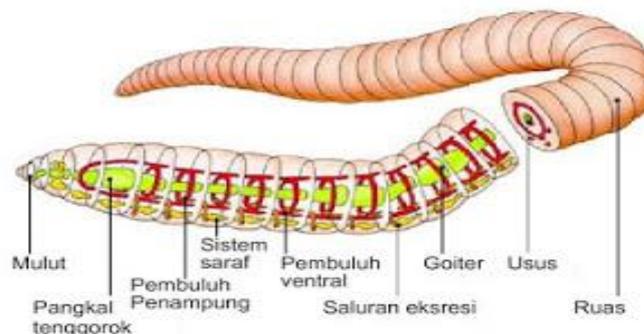
## 2) Vermes (Cacing)

Sebagian besar Vermes bernapas menggunakan permukaan tubuhnya, misalnya anggota filum Platyhelminthes yaitu Planaria dan anggota filum Annelida yaitu cacing tanah (*Pheretima sp.*). Namun, pada beberapa Annelida bernapas dengan insang, misalnya Annelida yang hidup di air yaitu Polychaeta (golongan cacing berambut banyak) ini bernapas menggunakan sepasang parapodia yang berubah menjadi insang.

Pada Planaria,  $O_2$  yang terlarut di dalam air berdifusi melalui permukaan tubuhnya. Demikian juga dengan pengeluaran  $CO_2$ . Pada cacing tanah,  $O_2$  berdifusi melalui permukaan tubuhnya yang basah, tipis, dan memiliki pembuluh-pembuluh darah. Selanjutnya,  $O_2$  diedarkan ke seluruh tubuh oleh sistem peredaran darah.  $CO_2$  sebagai sisa pernapasan dikeluarkan dari jaringan oleh pembuluh darah, kemudian keluar melalui permukaan tubuh secara difusi.

## 3) Mollusca

Hewan bertubuh lunak (Mollusca) yang hidup di air, seperti siput, cumi-cumi, dan kerang (*Bivalvia*) bernapas menggunakan insang. Perhatikan Gambar 7.12. Aliran air masuk ke dalam insang dan terjadi pertukaran udara dalam lamela insang. Mollusca yang hidup di darat, seperti siput darat (bekicot) bernapas menggunakan paru-paru.



Gambar 10. Alat Pernapasan Vermes

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

#### 4) Arthropoda

##### a) Insecta

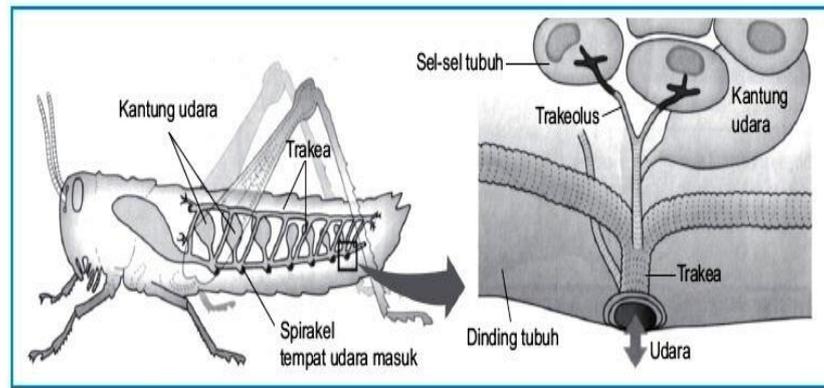
Insecta bernapas menggunakan sistem trakea. Sistem trakea pada serangga, misalnya belalang terdiri atas spirakel, saluran (pembuluh trakea), dan trakeolus. Spirakel atau stigma merupakan jalan keluar masuknya udara dari dan ke dalam sistem trakea, terdapat di kerangka luar (eksoskeleton), berbentuk pembuluh silindris yang berlapis zat kitin, terletak berpasangan pada setiap segmen tubuh, dan merupakan tempat bermuaranya pembuluh trakea. Pada umumnya spirakel terbuka selama serangga terbang, dan tertutup saat serangga beristirahat.

Udara masuk melalui empat pasang spirakel depan dan keluar melalui enam pasang spirakel belakang. Oksigen dari luar masuk lewat spirakel, kemudian menuju pembuluh-pembuluh trakea, selanjutnya pembuluh trakea bercabang lagi menjadi cabang halus yang disebut trakeolus. Dengan demikian, oksigen dapat mencapai seluruh jaringan dan alat tubuh bagian dalam. Trakeolus merupakan cabang-cabang terkecil berukuran  $\pm 0,1 \mu$  dari saluran pembuluh trakea yang berhubungan langsung dengan jaringan tubuh dan tidak berlapis zat kitin. Trakeolus ini merupakan tempat terjadinya pertukaran udara pernapasan. Trakeolus mempunyai fungsi sama dengan kapiler pada sistem pengangkutan (transportasi) pada Vertebrata.

Mekanisme pernapasan pada belalang diatur oleh otot perut (abdomen). Ketika otot perut (abdomen) berelaksasi, volume trakea normal sehingga udara masuk. Sebaliknya, ketika otot abdomen berkontraksi, volume trakea mengecil sehingga udara keluar. Jalur yang dilalui udara pernapasan, yaitu udara luar -- stigma/spirakel -- saluran/pembuluh trakea -- trakeolus -- jaringan tubuh. Jadi, sistem trakea berfungsi mengangkut O<sub>2</sub> dan mengedarkannya ke seluruh tubuh, serta sebaliknya mengangkut CO<sub>2</sub> hasil pernapasan untuk dikeluarkan dari tubuh. Dengan demikian, darah pada serangga hanya berfungsi mengangkut sari makanan dan bukan untuk mengangkut udara pernapasan.

Pada serangga air, seperti jentik nyamuk, udara diperoleh dengan menjulurkan tabung pernapasan ke permukaan air untuk mengambil udara. Serangga air tertentu mempunyai gelembung udara, sehingga dapat menyelam di dalam air dalam waktu lama. Misalnya, kepik *Notonecta* sp. mempunyai gelembung udara di organ yang menyerupai rambut pada permukaan ventral. Selama menyelam, O<sub>2</sub> dalam gelembung udara dipindahkan melalui sistem trakea ke sel-sel pernapasan.

Adapula serangga yang mempunyai insang trakea yang berfungsi menyerap udara dari air, atau pengambilan udara melalui cabang-cabang halus serupa insang. Selanjutnya O<sub>2</sub> diedarkan melalui pembuluh trakea.



Sumber: *Biology, Campbell*

Gambar 11. Alat Pernapasan Insekta

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

### b) Arthropoda Lain

Laba-laba (Arachnida) dan kalajengking (Scorpionida) bernapas dengan paru-paru buku. Paru-paru buku ini merupakan invaginasi (pelekukan ke dalam) abdomen. Paru-paru buku memiliki banyak lamela seperti halaman buku yang dipisahkan oleh batang-batang sehingga udara dapat bergerak bebas. Udara dari luar, masuk melalui spirakel secara difusi. Selanjutnya, udara masuk di antara sel-sel lamela dan berdifusi dengan pembuluh darah di sekitar lamela.

Arthropoda yang hidup di air, misalnya dari golongan Crustacea (udang-udangan), seperti udang dan ketam, bernapas dengan insang buku. Insang buku ini tumbuh dari dasar anggota tubuh dan dinding tubuh yang berdekatan, dan menjulur ke atas ke dalam ruang brankial. Tiap insang terdiri atas sumbu sentral tempat pertautan lamela atau filamen. Aliran air dihasilkan oleh gerakan mendayung dari insang timba, yaitu suatu penjuluran berbentuk bulan sabit dari salah satu penjuluran mulut (maksila kedua). Pada udang, air masuk ke dalam ruang brankial di belakang karapaks dan di antara kaki. Selanjutnya, saluran di dalam sumbu insang membawa darah ke dan dari ruang di dalam lamela, pertukaran udara pernapasan berlangsung melalui dinding tipis lamela. Keluar masuknya udara disebabkan oleh gerakan otot yang terjadi secara teratur. Baik paru-paru buku maupun insang buku, keduanya mempunyai fungsi yang sama seperti fungsi paru-paru pada Vertebrata.

## b. Pernapasan pada Hewan Vertebrata

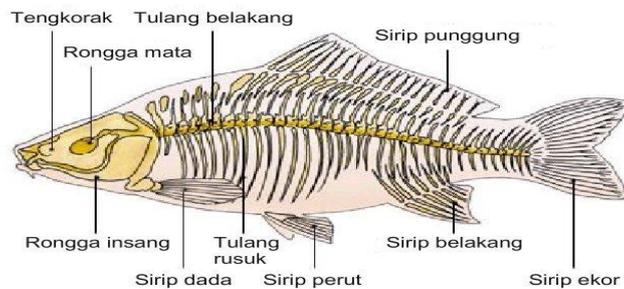
### 1) Pisces

Ikan bernapas menggunakan insang. Insang berbentuk lembaran-lembaran tipis berwarna merah muda dan selalu lembap. Bagian terluar dari insang berhubungan dengan air, sedang bagian dalam berhubungan erat dengan kapilerkapiler darah. Tiap lembaran insang terdiri dari sepasang filamen dan tiap filamen mengandung banyak lapisan tipis (lamela). Pada filamen terdapat pembuluh darah yang memiliki banyak kapiler, sehingga memungkinkan O<sub>2</sub> berdifusi masuk dan CO<sub>2</sub> berdifusi keluar.

Pada ikan bertulang sejati (Osteichthyes) insangnya dilengkapi dengan tutup insang (operculum), sedangkan pada ikan bertulang rawan

(Chondrichthyes) insangnya tidak mempunyai tutup insang. Selain bernapas dengan insang, ada pula kelompok ikan yang bernapas dengan gelembung udara (pulmosis), yaitu ikan paru-paru (Dipnoi). Insang tidak hanya berfungsi sebagai alat pernapasan, tetapi juga berfungsi sebagai alat ekskresi garam-garam, penyaring makanan, alat pertukaran ion, dan osmoregulator.

### IKAN TULANG SEJATI



Gambar 12. Alat Pernapasan Pisces

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

## 2) Amphibia

Katak muda (berudu) menggunakan insang untuk mengambil O<sub>2</sub> yang terlarut dalam air. Setelah berumur lebih kurang 12 hari, insang luar diganti dengan insang dalam. Setelah dewasa, katak bernapas menggunakan selaput rongga mulut, paru-paru, dan kulit. Selaput rongga mulut dapat berfungsi sebagai alat pernapasan karena tipis dan banyak terdapat kapiler yang bermuara di tempat itu. Pada saat terjadi gerakan rongga mulut dan faring, lubang hidung terbuka dan glotis tertutup, sehingga udara berada di rongga mulut dan berdifusi masuk melalui selaput rongga mulut yang tipis.

Pernapasan dengan kulit dilakukan secara difusi. Hal ini karena kulit katak tipis, selalu lembap, dan mengandung banyak kapiler darah. Pernapasan dengan kulit berlangsung secara efektif baik di air maupun di darat. Oksigen (O<sub>2</sub>) yang masuk lewat kulit akan diangkut melalui vena kulit paru-paru (vena pulmo kutanea) menuju ke jantung untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Sebaliknya karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dari jaringan akan dibawa ke jantung, dari jantung dipompa ke kulit dan paru-paru melalui arteri kulit paru-paru (arteri pulmo kutanea). Dengan demikian, pertukaran oksigen dan karbon dioksida terjadi di kulit.

Katak juga bernapas dengan paru-paru, tetapi belum sebaik paru-paru Mammalia. Paru-paru katak berupa sepasang kantung tipis yang elastis sehingga udara pernapasan dapat berdifusi, dan dindingnya banyak dikelilingi kapiler darah sehingga paru-paru katak berwarna kemerahan. Paru-paru dengan rongga mulut dihubungkan oleh bronkus yang pendek. Seperti pada ikan, pernapasan pada katak meliputi proses inspirasi dan ekspirasi yang berlangsung pada saat mulut dalam keadaan tertutup. Mekanisme pernapasan ini diatur oleh otot-otot pernapasan, yaitu: otot rahang bawah (submandibularis), sternohioideus, geniohioideus, dan otot perut.

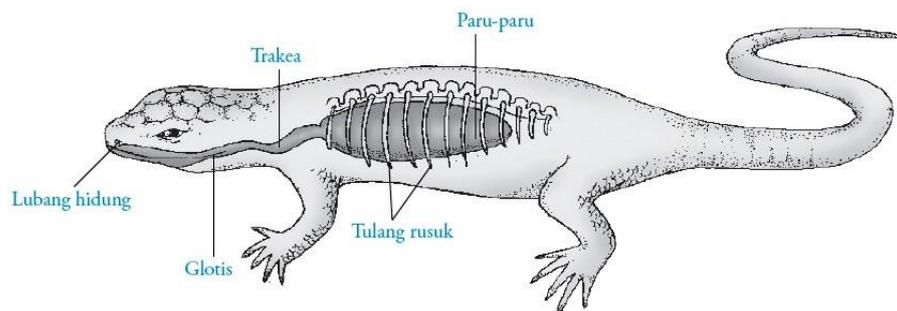


Gambar 13. Alat Pernapasan Amphibi  
Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

### 3) Reptilia

Paru-paru Reptilia berada dalam rongga dada dan dilindungi oleh tulang rusuk.. Paruparu Reptilia hanya terdiri dari beberapa lipatan dinding yang berfungsi memperbesar permukaan pertukaran gas. Paruparu kadal, kura-kura, dan buaya lebih kompleks, dengan beberapa belahan-belahan yang membuat paru-parunya bertekstur seperti spon. Paru-paru pada beberapa jenis kadal, misalnya bunglon Afrika, mempunyai pundi-pundi hawa atau kantung udara cadangan sehingga memungkinkan hewan tersebut melayang di udara.

Reptilia bernapas menggunakan paru-paru. Gas O<sub>2</sub> dalam udara masuk melalui lubang hidung → rongga mulut → anak tekak → trakea yang panjang → bronkiolus dalam paru-paru. Dari paru-paru, O<sub>2</sub> diangkut darah menuju seluruh jaringan tubuh. Dari jaringan tubuh, gas CO<sub>2</sub> diangkut darah menuju jantung untuk dikeluarkan melalui paru-paru → bronkiolus → trakea yang panjang → anak tekak → rongga mulut → lubang hidung. Pada Reptilia yang hidup di air, lubang hidung dapat ditutup ketika menyelam.



Gambar 14. Alat Pernapasan Reptil  
Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

### 4) Aves

Pada burung, tempat berdifusinya udara pernapasan terjadi di paru paru. Paru-paru burung berjumlah sepasang dan terletak dalam rongga dada yang dilindungi oleh tulang rusuk. Jalur pernapasan (masuknya udara ke dalam tubuh) pada burung berturut-turut sebagai berikut.

- Dua pasang lubang hidung yang terdapat pada pangkal paruh sebelah atas dan pada langit-langit rongga mulut.

- Celah tekak yang terdapat pada dasar hulu kerongkongan atau faring yang menghubungkan rongga mulut dengan trakea.
- Trakea atau batang tenggorok yang panjang, berbentuk pipa, dan disokong oleh cincin tulang rawan.
- Sepasang paru-paru berwarna merah muda yang terdapat dalam rongga dada. Bagian ini meliputi bronkus kanan dan bronkus kiri yang merupakan cabang bagian akhir dari trakea. Dalam bronkus pada pangkal trakea, terdapat sirink (siring), yang pada bagian dalamnya terdapat lipatan-lipatan berupa selaput yang dapat bergetar dan dapat menimbulkan suara. Bronkus bercabang lagi menjadi mesobronkus, yang merupakan bronkus sekunder, dan dapat dibedakan menjadi ventrobronkus (bagian ventral) dan dorsobronkus (bagian dorsal). Ventrobronkus dihubungkan dengan dorsobronkus oleh banyak parabronkus (100 atau lebih). Parabronkus berupa tabung kecil. Di parabronkus bermuara banyak kapiler, sehingga memungkinkan udara berdifusi.

Selain paru-paru, burung biasanya memiliki 4 pasang perluasan paru-paru yang disebut pundi-pundi hawa atau kantung udara (*saccus pneumaticus*) yang menyebar sampai ke perut, leher, dan sayap. Kantung-kantung udara ini terdapat pada pangkal leher (*saccus cervicalis*), rongga dada (*saccus thoracalis anterior* dan *posterior*), antara tulang selangka atau korakoid (*saccus interclavicularis*), ketiak (*saccus axillaris*), dan di antara lipatan usus atau rongga perut (*saccus abdominalis*). Kantung udara berhubungan dengan paru-paru, berselaput tipis, tetapi tidak terjadi difusi udara pernapasan. Adanya kantung udara mengakibatkan, pernapasan pada burung menjadi efisien.

Kantung udara memiliki beberapa fungsi berikut.

- Membantu pernapasan, terutama pada waktu terbang, karena menyimpan oksigen cadangan.
- Membantu mempertahankan suhu badan dengan mencegah hilangnya panas badan secara berlebihan.
- Membantu memperkeras suara dengan memperbesar ruang siring.
- Mengatur berat jenis (meringankan) tubuh pada saat burung terbang.

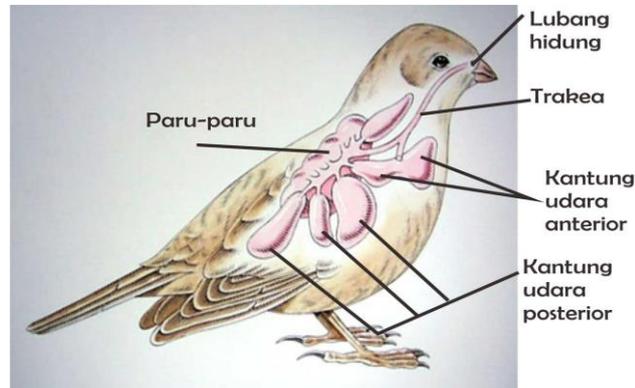
Mekanisme pernapasan pada burung dibedakan menjadi dua, yaitu pernapasan waktu istirahat dan pernapasan waktu terbang.

Pada waktu istirahat, tulang rusuk bergerak ke depan rongga dada membesar, paru-paru mengembang sehingga udara masuk dan mengalir lewat bronkus ke kantung udara bagian belakang, bersamaan dengan itu udara yang sudah ada di kantung udara belakang mengalir ke paru-paru dan menuju kantung udara depan. Pada saat tulang rusuk kembali ke posisi semula, rongga dada mengecil sehingga udara dari kantung udara masuk ke paru-paru. Selanjutnya, saat di alveolus, O<sub>2</sub> diikat oleh darah kapiler alveolus. Jadi, pengikatan O<sub>2</sub> berlangsung pada saat inspirasi maupun ekspirasi.

Pada waktu terbang, inspirasi dan ekspirasi dilakukan oleh kantung-kantung udara. Waktu sayap diangkat ke atas, kantung udara di ketiak mengembang, sedang kantung udara di tulang korakoid terjepit, sehingga terjadi inspirasi (O<sub>2</sub> pada tempat itu masuk ke paru-paru). Bila sayap diturunkan, kantung udara di ketiak terjepit, sedang kantung udara di tulang korakoid mengembang, sehingga terjadi ekspirasi (O<sub>2</sub> pada tempat itu

keluar). Makin tinggi burung terbang, makin cepat burung mengepakkan sayapnya untuk mendapatkan oksigen yang cukup banyak.

Udara luar yang masuk, sebagian kecil tetap berada di paru-paru, dan sebagian besar akan diteruskan ke kantung udara sebagai udara cadangan. Udara pada kantung udara dimanfaatkan hanya pada saat udara ( $O_2$ ) di paru-paru berkurang, yakni saat burung sedang mengepakkan sayapnya.

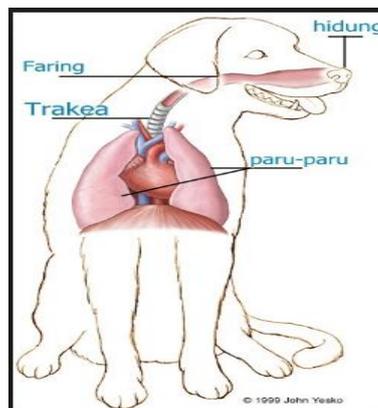


Gambar 14. Alat Pernapasan Aves

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

## 5) Mammalia

Mammalia bernapas menggunakan paru-paru. Gas  $O_2$  masuk ke dalam tubuh melalui lubang hidung -- faring -- laring -- trakea -- bronkus -- paru-paru. Kemudian gas  $O_2$  dari paru-paru diangkut darah ke jantung. Dari jantung, gas  $O_2$  diedarkan ke seluruh jaringan tubuh oleh darah. Dari jaringan tubuh, gas  $CO_2$  diangkut menuju jantung -- paru-paru, dan keluar melalui organ-organ yang sama pula.



Gambar 15. Alat Pernapasan Mamalia

Sumber : [www.google.co.id](http://www.google.co.id)

## II. LATIHAN

### Petunjuk :

Sebelum menjawab latihan di bawah ini, anda diharapkan telah membaca uraian materi yang telah disajikan diatas. Kemudian jawablah pertanyaan pada latihan di bawah ini dengan jelas dan benar.

### Jawablah latihan soal di bawah ini sesuai petunjuk!

1. Apa tujuan dari kerja pernafasan, dan apa akibatnya jika terjadi gangguan pada sistem ini?
2. Sebutkan organ-organ pernafasan! Jelaskan pula masing-masing fungsinya!
3. Jelaskan perbedaan antara ekspirasi dan inspirasi!
4. Apa perbedaan antara pernafasan dada dan pernafasan perut!
5. Penyakit apa yang dapat mengganggu jalannya pernafasan?
6. Apa yang dimaksud dengan pernapasan?
7. Jelaskan perbedaan dan persamaan antara pernapasan eksternal dan pernapasan internal.
8. Mengapa makhluk hidup perlu melakukan proses pernapasan?

## III. RANGKUMAN

- Pernafasan manusia bertujuan untuk memperoleh oksigen dari udara dan mengeluarkan gas sisa pembakaran dari dalam tubuh.
- Alat pernapasan yang utama adalah paru-paru. Namun udara untuk masuk dalam tubuh memerlukan alat lain seperti hidung, tenggorokan dan lain-lain.
- Saat kita bernafas udara akan masuk ke rongga hidung, kemudian menuju laring, masuk dalam trakea kemudian bronkus dan akhirnya masuk paru paru.
- Pernafasan yang menggunakan kerja otot-otot rusuk, sehingga saat bernafas dada tampak turun naik disebut sebagai *pernafasan dada*.
- Pernapasan yang menggunakan otot perut dan otot diafragma disebut dengan pernapasan perut.
- Gangguan pada pernafasan dapat disebabkan oleh adanya gangguan ataumkelainan pada organ penyusun sistem pernafasan. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh faktor keturunan, kebiasaan merokok, penggunaan obat terlarang, oleh virus atau pun bakteri.
- Respirasi adalah proses pertukaran gas O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> antara organisme dengan lingkungannya.
- Udara memiliki berat terhadap permukaan bumi yang diukur dengan tekanan atmosfer.
- Masing-masing gas yang terdapat di udara seperti O<sub>2</sub> dan N<sub>2</sub> memiliki tekanan parsial. Gas memiliki perbedaan kelarutan dalam cairan, dan hal ini memiliki konsekuensi terhadap pergerakan O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> dalam makhluk hidup.
- Berbagai hewan memiliki organ khusus untuk melakukan pertukaran O<sub>2</sub> dan CO<sub>2</sub> , dapat melalui permukaan kulit yang lembab, trakea, insang dan paru-paru.
- Paru-paru merupakan akhir dari percabangan organ pernapasan , lembut, mirip kantung atau sangat berlekuk-lekuk., yang menerima udara dari lingkungan luar.
- Pada manusia dan mamalia lain, udara disaring, dilembabkan, dan dihangatkan melalui saluran hidung, rongga mulut, dan faring. Epigrotis dan

korda vokal menutup rapat laring atau lubang masuk ke trakea dan paru-paru, selama proses penelanan.

- Pada mamalia, saluran napas meliputi trakea, bronkus primer, bronkus sekunder dan bronkeolus, sebelum masuk ke alveoli yang mirip-mangkuk tempat gas dipertukarkan.
- Diafragma dan kekuatan otot-otot rusuk dapat merubah volume rongga dada dan menarik serta melepaskan udara melalui suatu sistem pompa isap dengan kumparan yang elastis.
- Hemoglobin adalah protein darah atau pigmen pernapasan yang mengandung besi yang mengikat O<sub>2</sub> ketika PO<sub>2</sub> (tekanan O<sub>2</sub>) tinggi dalam paru-paru dan melepaskan O<sub>2</sub> ketika PO<sub>2</sub> (tekanan O<sub>2</sub>) rendah dalam jaringan. pH darah, organofosfat dalam sel darah merah dan temperatur darah mengubah afinitas pengikatan hemoglobin terhadap O<sub>2</sub>.
- Mioglobin merupakan pigmen pernapasan yang sebagian besar disimpan dalam jaringan otot; berfungsi memelihara ketersediaan suplai O<sub>2</sub> yang dapat dilepaskan ketika kebutuhan O<sub>2</sub> tinggi dan PO<sub>2</sub> (tekanan O<sub>2</sub>) lokal rendah. CO<sub>2</sub> diedarkan dalam plasma darah dan sel darah merah, sebagian besar sebagai ion bikarbonat (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>).
- Hemoglobin merupakan buffer utama darah dan pembawa H<sup>+</sup>. Pusat pernapasan di otak menanggapi perubahan PCO<sub>2</sub> dan pH, terhadap tingkat yang lebih rendah, juga terhadap perubahan PO<sub>2</sub> pada kemoreseptor perifer.
- Sistem pernapasan pada hewan Invertebrata.
  - a. Alat pernapasan pada Porifera terdiri dari pori-pori (ostium), sel leher (koanosit), dan oskulum.
  - b. Alat pernapasan pada Vermes ada 2 macam yaitu permukaan tubuh dan insang.
  - c. Alat pernapasan pada Mollusca ada 2 macam yaitu insang dan paru-paru.
  - d. Alat pernapasan pada Arthropoda ada bermacam-macam.
    - Insecta bernapas menggunakan sistem trakea.
    - Arachnida dan Scorpionida bernapas menggunakan paru-paru buku.
    - Crustacea bernapas menggunakan insang buku.
- Sistem pernapasan pada hewan Vertebrata sebagai berikut.
  - Alat pernapasan pada Pisces yaitu insang.
  - Alat pernapasan pada Amphibia berudu yaitu insang.
  - Alat pernapasan pada Amphibia dewasa yaitu paru-paru.
  - Alat pernapasan pada Reptilia yaitu selaput rongga mulut dan permukaan kulit.
  - Alat pernapasan pada Aves yaitu paru-paru.
  - Alat pernapasan pada Mammalia yaitu paru-paru.

#### **.IV. TES FORMATIF**

**Petunjuk : Pilihlah salah satu jawaban yang anda anggap paling benar!**

1. Pernafasan yang menggunakan kerja otot-otot rusuk, disebut ....
  - A. pernafasan perut
  - B. pernafasan diafragma
  - C. pernafasan dada
  - D. inspirasi

2. Pertukaran udara secara difusi dilakukan pada ....
  - A. alveolus
  - B. bronkiolus
  - C. bronkus
  - D. trakea
  
3. Penyakit pada sistem pernafasan yang disebabkan oleh virus adalah ....
  - A. tuberkolosis
  - B. flu burung
  - C. asma
  - D. bronkitis
  
4. Urutan organ pernafasan manusia yang benar mulai dari bagian atas, adalah...
  - A. Hidung-trakea-bronkus primer
  - B. Hidung-trakea-bronkeolus
  - C. Bronkus sekunder-bronkeolus-alveolus
  - D. Bronkus primer-bronkus sekunder-alveolus
  
5. Pada saluran pernafasan ada bagian yang berhubungan dengan saluran pencernaan. Bagian tersebut adalah...
  - A. Faring
  - B. Laring
  - C. Glottis
  - D. Epiglottis
  
6. Pada penderita pneumonia, alveolus terinfeksi oleh...
  - A. cairan
  - B. karbon monoksida
  - C. karbon dioksida
  - D. karbohidrat
  
7. Jalur yang tepat untuk menunjukkan keluarnya karbon dioksida dari tubuh yaitu . . . .
  - A. alveolus → bronkiolus → bronkus → laring → trakea
  - B. alveolus → bronkiolus → bronkus → trakea → laring
  - C. alveolus → bronkus → bronkiolus → trakea → laring
  - D. laring → trakea → bronkus → bronkiolus → alveolus
  
8. Bagian sistem pernafasan yang rusak pada penderita emfisema yaitu . . . .
 

A. alveolus	C. membran pleura
B. bronkiolus	D. trakea
  
9. Ciri pernafasan dada pada waktu inspirasi yaitu . . . .
  - A. otot antartulang rusuk luar berkontraksi dan rongga dada membesar
  - B. otot antartulang rusuk luar berkontraksi dan rongga dada mengecil
  - C. otot antartulang rusuk berkontraksi dan rongga perut membesar
  - D. rongga dada membesar dan otot antartulang rusuk luar relaksasi

10. Fungsi kantung udara pada burung waktu terbang yaitu . . . .
- memperkecil rongga dada
  - memperbesar rongga dada
  - membantu pernapasan
  - memperkeras suara

#### V. Umpan Balik dan tindak Lanjut

Cocokkan jawaban di atas dengan kunci jawaban tes formatif 1 yang ada di bagian akhir modul ini. Ukurlah tingkat penguasaan materi kegiatan belajar dengan rumus sebagai berikut :

**Tingkat penguasaan = (Jumlah jawaban benar : 10 ) x 100 %**

Arti tingkat penguasaan yang diperoleh adalah :

Baik sekali	=	90 - 100%
Baik	=	80 - 89%
Cukup	=	70 - 78%
Kurang	=	0 - 69%

Bila tingkat penguasaan anda mencapai 80% ke atas, Selamat anda telah mencapai indikator pembelajaran yang diharapkan. Namun bila pencapaian yang anda dapatkan masih kurang, anda harus mengulangi kegiatan belajar 1 terutama pada bagian yang belum ada kuasai.

#### VI. Daftar Pustaka

Anidityas. 2012. Penggunaan Alat Peraga Sistem Pernapasan Manusia Pada Kulaitas Belajar Siswa SMO Kelas VIII. Unnes Science Education Journal. Vol.1. No.2. <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/usej/article/view/865>

Fauziah, dkk. 2009. *IPA untuk Kelas VIII*. BSE. Pusat Perbukuan Kemendikbud.

Harminto, S. 2017. *Biologi Umum*. Jakarta: Universitas Terbuka.

<https://dosenbiologi.com/manusia/sistem-pernapasan-pada-manusia>

[http://file.upi.edu/Direktori/FIP/JUR. PEND. LUAR BIASA/195905081984031-NANA JUMHANA/modul lengkap/Bio7modul 7.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FIP/JUR._PEND._LUAR_BIASA/195905081984031-NANA_JUMHANA/modul_lengkap/Bio7modul_7.pdf)

Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) SD. Jakarta : Depdiknas.

Purnomo, dkk. 2009. *Biologi Kelas XI*. Pusat Perbukuan. Departemen Pendidikan Nasional.

Puspita,.Diana, dkk. 2009. *Alam Sekitar IPA Terpadu Kelas VII*. BSE. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Rumanta, M. 2009. *Praktikum IPA di SD*. Jakarta : Universitas Terbuka

Sembiring. Langkah, Sudjino. 2009. *Biologi. Kelas XII*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Subardi, dkk. 2009. *Biologi untuk Kelas X*. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Usman Samatowa,. 2011. *Pembelajaran IPA di SD*. Jakarta : Indeks

Wasis, dkk. IPA SMP dan MTS IX. BSE. Pusat Perbukuan Departemen Pendidikan Nasional.

Widodo,A. dkk. 2006. *Pendidikan IPA di SD*. Bandung : UPI Press

Winarsih, dkk. 2008. *IPA Terpadu untuk Kelas Menengah*, Depdikbud.

Yaniriza. M. 2012. Pengembangan Media Interaktif Dengan Tema Sistem Pencernaan Manusia Untuk SMP Kelas VIII. Jurnal Pendidikan Sains. Vol. 1 No. 1. <http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/pensa/article/view/232>

Zuliani,R, dkk. 2014. *Konsep Dasar IPA I*. PGSD, Universitas Muhammadiyah Tangerang.

Buku Biologi SD, SMP, SMA (yang relevan)

## VII. Lampiran

### Kunci Jawaban Tes Formatif

1.	C	6.	A
2.	A	7.	A
3.	B	8.	A
4.	A	9.	A
5.	D	10	C