

TEMA 2

FISIOLOGI MANUSIA DAN HAIWAN



Tema ini bertujuan memberikan pemahaman mengenai proses fisiologi yang berlaku dalam manusia dan haiwan. Tema ini memberi fokus kepada proses fisiologi iaitu respirasi, nutrisi, kepekaan, perkumuhan, pergerakan, pembiakan dan pertumbuhan serta pembahagian sel.

- Bab 8 Sistem Respirasi dalam Manusia dan Haiwan**
- Bab 9 Nutrisi dan Sistem Pencernaan Manusia**
- Bab 10 Pengangkutan dalam Manusia dan Haiwan**
- Bab 11 Keimunan Manusia**
- Bab 12 Koordinasi dan Gerak Balas dalam Manusia**
- Bab 13 Homeostasis dan Sistem Urinari Manusia**
- Bab 14 Sokongan dan Pergerakan dalam Manusia dan Haiwan**
- Bab 15 Pembiakan Seks, Perkembangan dan Pertumbuhan dalam Manusia dan Haiwan**

BAB 8

Sistem Respirasi dalam Manusia dan Haiwan

***Mengapakah
sistem
respirasi
penting bagi
manusia dan
haiwan?***

Tahukah ANDA...

- Apakah perbezaan struktur respirasi dalam:
 - serangga
 - amfibia
 - ikan
 - manusia
- Apakah penyesuaian struktur respirasi dan fungsinya dalam pertukaran gas?
- Apakah mekanisme pernafasan dalam manusia dan haiwan?
- Bagaimanakah pertukaran gas antara paru-paru dengan darah dan antara darah dengan tisu berlaku?
- Bagaimanakah pengangkutan gas respirasi dari paru-paru ke tisu dan dari tisu ke paru-paru berlaku?
- Apakah isu kesihatan yang berkaitan sistem respirasi manusia?



8.1 Jenis Sistem Respirasi

8.1.1 Mengetahui pasti struktur respirasi dalam:

- serangga
- ikan
- amfibia
- manusia

8.1.2 Memeriksa penyesuaian struktur respirasi dan fungsinya dalam pertukaran gas bagi:

- haiwan
- manusia

8.1.3 Membanding dan membezakan antara struktur respirasi manusia dan haiwan.

8.2 Mekanisme Pernafasan

8.2.1 Membanding dan membezakan antara mekanisme pernafasan dalam manusia dengan haiwan.

8.3 Pertukaran Gas dalam Manusia

8.3.1 Berkomunikasi tentang respirasi luar dan respirasi dalam:

- pertukaran gas antara paru-paru dengan darah
- pengangkutan gas respirasi dari paru-paru ke tisu
- pertukaran gas antara darah dengan tisu
- pengangkutan gas respirasi dari tisu ke paru-paru

8.4 Isu Kesihatan Berkaitan Sistem Respirasi Manusia

8.4.1 Ber cerita tentang kesan *Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD)* terhadap sistem respirasi manusia:

- asma
- bronkitis kronik
- emfisema

8.1

Jenis Sistem Respirasi

Struktur respirasi dan penyesuaianya dalam pertukaran gas



Aktiviti: Mengkaji struktur respirasi dalam serangga, katak dan tikus

Zon Aktiviti

Kaji kesan pertambahan jumlah luas permukaan terhadap resapan sebagai analogi dalam pertukaran gas.

Anda telah mempelajari organ respirasi dan sistem pernafasan manusia dan haiwan dalam Tingkatan 3. **Struktur respirasi** ialah **permukaan respirasi** bagi membolehkan pertukaran gas berlaku antara sel organisma yang berespirasi dengan persekitaran luar. Anda juga telah mempelajari dalam Tema 1, organisma unisel seperti *Amoeba* sp. tidak memerlukan struktur respirasi yang khas kerana mempunyai nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu yang besar untuk pertukaran gas respirasi secara **resapan**.

Nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu (JLP/I) bergantung pada saiz organisma. Semakin besar saiz organisma, semakin kecil nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu organisma tersebut. Ini bermaksud untuk organisma yang besar dan kompleks, isi padu badan yang memerlukan oksigen bertambah lebih daripada jumlah luas permukaannya. Ini menjelaskan mengapa organisma yang besar dan kompleks tidak boleh mengekalkan pertukaran gas dengan cara resapan melalui permukaan badan sahaja. Organisma bersaiz besar memerlukan struktur respirasi khas untuk pertukaran gas yang cekap.

Bagaimanakah struktur respirasi organisma bersaiz besar beradaptasi untuk pertukaran gas yang cekap?

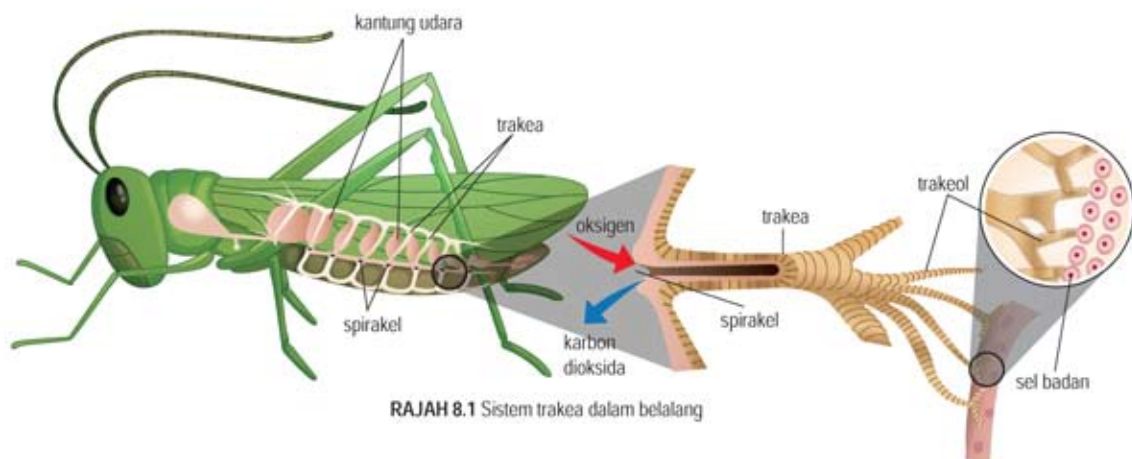
Ciri penyesuaian struktur respirasi untuk pertukaran gas yang efisien bagi organisma bersaiz besar

- **Nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu (JLP/I) yang besar** untuk pertukaran gas respirasi yang cekap.
- Struktur respirasi yang **nipis**, iaitu setebal satu sel, yang memudahkan resapan gas respirasi berlaku.
- Permukaan struktur respirasi yang sentiasa **lembap** membenarkan gas respirasi melarut di dalamnya.
- Struktur respirasi dilengkapi **jaringan kapilari darah** (melainkan serangga), yang membenarkan pengangkutan gas respirasi yang cekap.

Struktur respirasi serangga dan penyesuaiannya

Sistem pernafasan serangga ialah **sistem trakea** (Rajah 8.1).

- Terdapat liang kecil pada toraks dan abdomen serangga iaitu **spirakel**. Spirakel membolehkan udara masuk ke dalam sistem tiub udara iaitu **sistem trakea**.
- Trakea bercabang untuk membentuk salur yang lebih halus yang disebut **trakeol**. Trakeol merupakan permukaan respirasi. Trakeol mempunyai ciri-ciri berikut yang membolehkan pertukaran gas respirasi yang cekap.
 - **Bilangan trakeol yang banyak** menyediakan jumlah luas permukaan yang besar untuk pertukaran gas.
 - Dinding trakeol adalah **nipis dan lembap**. Hal ini membolehkan gas oksigen meresap ke dalam sel manakala karbon dioksida meresap keluar dari sel ke dalam trakeol dengan cepat.
- Sesetengah serangga mempunyai **kantung udara** dalam sistem trakeanya. Kantung ini berisi udara untuk mempercepatkan penghantaran gas respirasi semasa pergerakan badan yang cergas.



RAJAH 8.1 Sistem trakea dalam belalang

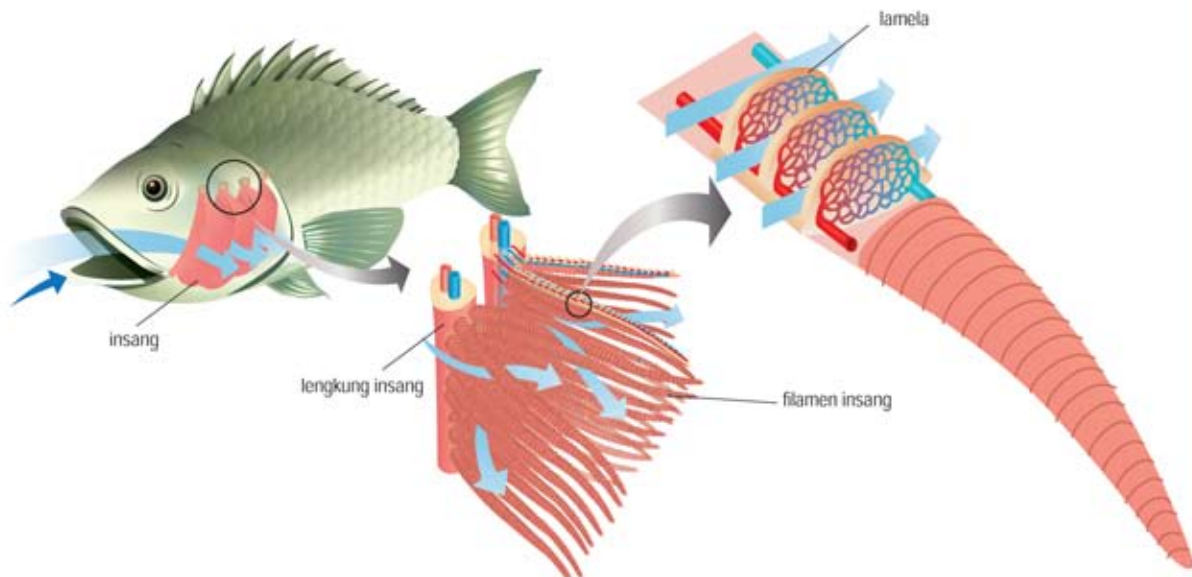
Struktur respirasi ikan dan penyesuaiannya

Struktur respirasi ikan ialah **insang** (Rajah 8.2). Insang terdiri daripada barisan **filamen** yang disokong oleh **lengkung insang**. Ciri-ciri filamen berikut membolehkan pertukaran gas respirasi berlaku dengan cekap.

- Filamen mempunyai banyak **unjuran nipis dan pipih** yang disebut **lamela**. Bilangan filamen dan lamela yang banyak memberikan jumlah luas permukaan yang besar untuk proses pertukaran gas yang cekap.
- Membran lamela insang adalah **nipis** dan dibekalkan dengan **banyak kapilari darah** bagi memudahkan peresapan dan pengangkutan oksigen dan karbon dioksida.

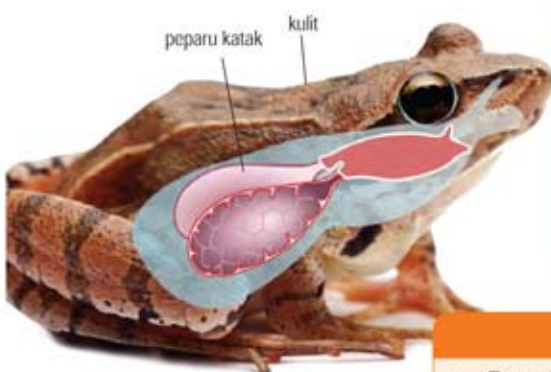
Fikirkan!

Mengapakah insang ikan tidak boleh berfungsi sekiranya ikan tidak berada dalam air?



RAJAH 8.2 Struktur respirasi ikan

Struktur respirasi katak dan penyesuaiannya



RAJAH 8.3 Struktur respirasi katak

Kulit

Dalam keadaan **kurang aktif**, katak menggunakan **kulit** untuk pertukaran gas (Rajah 8.3).

- Kulit adalah **nipis** dan **sangat telap** terhadap gas respirasi.
- Kulit yang **lembap** membenarkan gas respirasi melarut ke dalamnya.
- Di bawah kulit, terdapat banyak **jaringan kapilari darah** untuk mengangkut gas respirasi.

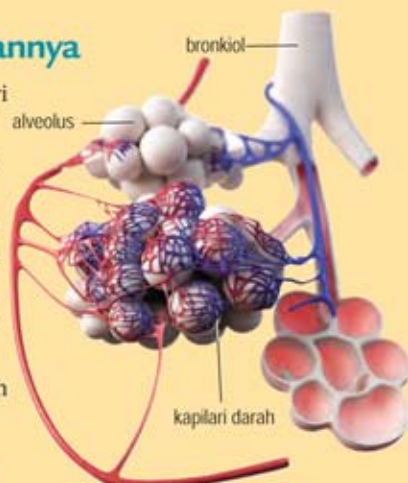
Peparu

- Permukaan peparu katak **berlipat-lipat** untuk menambahkan jumlah luas permukaan bagi pertukaran gas (Rajah 8.3).
- Membran peparu yang **nipis** memudahkan resapan gas respirasi.
- Dinding peparu yang sentiasa **lembap** membolehkan gas respirasi melarut ke dalamnya.
- Peparu juga kaya dengan **jaringan kapilari darah** untuk mengangkut gas respirasi dengan lebih cepat.

Struktur respirasi manusia dan penyesuaianannya

Struktur respirasi manusia ialah **alveolus** yang mempunyai ciri-ciri pertukaran gas respirasi yang cekap (Rajah 8.4):

- Bilangan alveolus yang banyak menyediakan **jumlah luas permukaan yang besar** untuk peresapan gas respirasi.
- Dinding alveolus sentiasa **lembap**. Gas oksigen dan gas karbon dioksida boleh melarut dengan mudah, dan seterusnya meresap melalui dinding alveolus ke dalam kapilari darah.
- Alveolus dilingkari oleh **jaringan kapilari darah** yang banyak untuk mempercepatkan peresapan gas respirasi.
- Dinding alveolus yang nipis, iaitu **setebal satu sel**, memudahkan peresapan gas.



RAJAH 8.4 Alveolus

Perbandingan dan perbezaan struktur respirasi manusia dan haiwan

Jadual 8.1 menunjukkan persamaan dan perbezaan antara struktur respirasi manusia dengan haiwan.

JADUAL 8.1 Persamaan dan perbezaan antara struktur respirasi manusia dengan haiwan

Persamaan				
• Kesemua struktur respirasi mempunyai nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu yang besar untuk pertukaran gas respirasi yang cekap. • Kesemua struktur respirasi nipis dan ini memudahkan resapan gas respirasi berlaku dengan cepat. • Kesemua struktur respirasi sentiasa lembap dan ini membenarkan gas respirasi melarut ke dalamnya. • Struktur respirasi dilengkapi jaringan kapilari darah (melainkan serangga), yang membenarkan pengangkutan gas respirasi yang cepat.				
Perbezaan				
Ciri	Serangga	Ikan	Katak	Manusia
Struktur respirasi	Trakeol	Filamen dan lamela insang	Kulit dan peparu	Alveolus
Bagaimana nisbah jumlah luas permukaan kepada isi padu yang tinggi bagi struktur respirasi diperoleh	Bilangan trakeol yang banyak	Bilangan filamen dan lamela insang yang banyak	• Permukaan dalam peparu yang berlipat-lipat • Keseluruhan permukaan kulit	Bilangan alveolus yang banyak

Praktis Formatif 8.1

- 1 Nyatakan ciri penyesuaian struktur respirasi manusia.
- 2 Terangkan bagaimana kulit katak disesuaikan untuk pertukaran gas yang cekap.

- 3 Nyatakan ciri-ciri trakeol yang membantu pertukaran gas respirasi dalam serangga.

- 4 Ramalkan apa yang akan berlaku kepada ikan yang insangnya terkoyak akibat tersangkut pada jaring.



8.2

Mekanisme Pernafasan

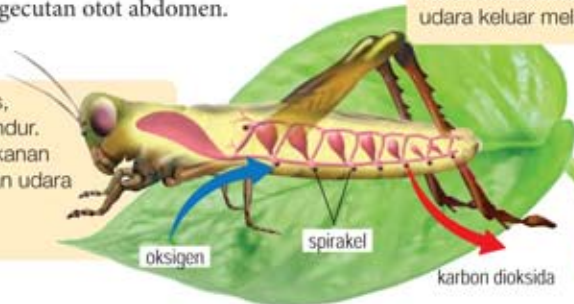
Manusia dan haiwan mempunyai mekanisme pernafasan yang berlainan. **Pernafasan** merupakan proses tarikan dan hembusan nafas yang berulang.

Mekanisme pernafasan serangga

Udara masuk ke dalam dan keluar trakea dibantu oleh pengenduran dan pengecutan otot abdomen.

Semasa menghembus nafas, otot abdomen mengecut. Ini meningkatkan tekanan udara dalam trakea dan seterusnya memaksa udara keluar melalui spirakel.

Semasa menarik nafas, otot abdomen mengendur. Hal ini menurunkan tekanan udara dalam trakea dan udara memasuki trakea melalui spirakel.



Video: Mekanisme pernafasan serangga
(Dicapai pada 21 Ogos 2019)

Mekanisme pernafasan katak

Katak bernafas melalui rongga mulut dan peparu apabila berada dalam keadaan aktif. Urutan tarikan dan hembusan nafas diringkaskan di bawah.



■ Rongga mulut diisi udara



■ Udara dipaksa masuk ke dalam peparu



■ Hembusan nafas

Tarikan nafas

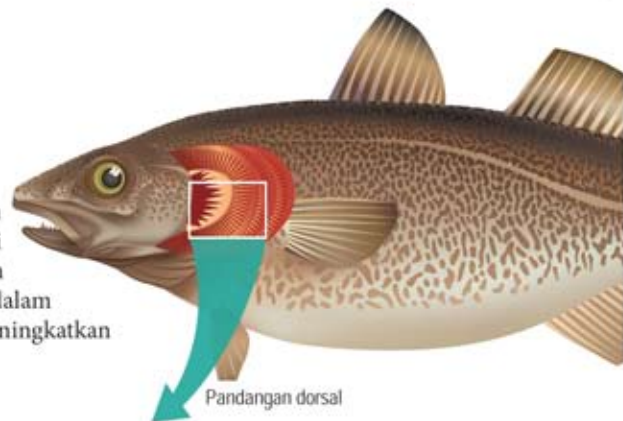
- Apabila katak bernafas melalui lubang hidung, mulut dan glotis tertutup dan dasar rongga mulut diturunkan.
- Tekanan udara yang rendah dalam rongga mulut menarik udara masuk ke dalam rongga mulut melalui lubang hidung.
- Apabila glotis terbuka, lubang hidung tertutup dan dasar rongga mulut naik.
- Tekanan udara yang meningkat menolak udara ke dalam peparu.

Hembusan nafas

- Apabila peparu mengecut, udara disingkirkan daripada peparu.
- Hal ini dibantu oleh tekanan abdomen dan sifat kekenyalan peparu.
- Sebahagian udara keluar melalui lubang hidung manakala yang selebihnya bercampur dengan udara di dalam rongga mulut.

Mekanisme pernafasan ikan

Mekanisme pernafasan ikan dibantu oleh tindakan mulut dan operkulum. Ikan melakukan ventilasi dengan berenang dan dengan membuka dan menutup operkulum. Ini mendorong air masuk ke dalam mulut dan seterusnya melalui insang. Ventilasi meningkatkan pengaliran air pada permukaan respirasi.



TARIKAN NAFAS



- Apabila mulut dibuka, bahagian dasar rongga mulut diturunkan.
- Pada masa yang sama, ruang operkulum dibesarkan dan bukaan operkulum ditutup.
- Ini mengurangkan tekanan di dalam rongga mulut.
- Air dari luar yang mengandungi oksigen terlarut memasuki mulut.

HEMBUSAN NAFAS



- Apabila mulut ditutup, bahagian dasar rongga mulut dinaikkan.
- Air akan mengalir melalui lamela insang dan pertukaran gas antara darah dengan air berlaku secara resapan.
- Pada masa yang sama, otot operkulum mengendur dan ruang operkulum dikecilkan.
- Isi padu rongga mulut dikurangkan dan tekanan di dalam rongga mulut menjadi lebih tinggi daripada tekanan di luar.
- Tekanan yang tinggi menyebabkan air mengalir keluar melalui bukaan operkulum yang terbuka.

Mekanisme pernafasan manusia

Mekanisme tarikan nafas dan hembusan nafas manusia ditunjukkan dalam Rajah 8.5.

TARIKAN NAFAS

- 1 Otot interkosta luar mengecut manakala otot interkosta dalam mengendur.
- 2 Tindakan ini menyebabkan sangkar rusuk dinaikkan ke atas dan ke arah depan.
- 3 Pada masa yang sama, otot diafragma mengecut dan diafragma turun ke bawah menjadi leper dan mendatar.
- 4 Kedua-dua pergerakan ini menyebabkan isi padu rongga toraks bertambah dan tekanan rongga toraks berkurang.
- 5 Tekanan atmosfera yang lebih tinggi di luar mendesak udara masuk ke dalam paru.



HEMBUSAN NAFAS

- 1 Otot interkosta luar mengendur manakala otot interkosta dalam mengecut.
- 2 Tindakan ini menyebabkan sangkar rusuk digerakkan ke bawah dan ke dalam.
- 3 Pada masa yang sama, otot diafragma mengendur dan diafragma melengkung ke atas, berbentuk kubah.
- 4 Kedua-dua pergerakan ini menyebabkan isi padu rongga toraks berkurangan dan tekanan rongga toraks bertambah.
- 5 Udara didesak keluar daripada paru.



RAJAH 8.5 Mekanisme tarikan nafas dan hembusan nafas manusia

Membanding dan membezakan antara mekanisme pernafasan dalam manusia dengan haiwan

Apakah persamaan dan perbezaan antara mekanisme pernafasan dalam manusia dengan haiwan? Jadual 8.2 menghuraikan perbandingan antara mekanisme pernafasan dalam manusia dengan haiwan.

JADUAL 8.2 Perbandingan antara mekanisme pernafasan dalam manusia dengan haiwan

Persamaan				
- Manusia dan haiwan mempunyai struktur khas berotot untuk mengembang dan mengecutkan rongga pernafasan. - Mekanisme pernafasan melibatkan perubahan isi padu dan tekanan dalam rongga pernafasan.				
Perbezaan antara mekanisme pernafasan serangga, ikan, katak dan manusia				
Ciri	Serangga	Ikan	Katak	Manusia
Liang pernafasan	Spirakel	Mulut dan operkulum	Lubang hidung	Lubang hidung
Struktur yang membantu pernafasan	Toraks, abdomen	Operkulum dan rongga mulut berotot	Rongga mulut dengan dinding yang berotot	Diafragma, sangkar rusuk dan otot interkosta
Mekanisme pernafasan	Dibantu oleh pengecutan dan pengenduran otot abdomen	Dibantu oleh pergerakan dasar rongga mulut dan otot operkulum	Dibantu oleh pergerakan pantas dasar rongga mulut dan sifat kekenyalan peparu	Dibantu oleh pengecutan dan pengenduran otot interkosta dan otot diafragma serta pergerakan sangkar rusuk ke atas dan depan serta ke bawah dan ke dalam

Praktis Formatif 8.2

- 1 Nyatakan fungsi spirakel dalam mekanisme pernafasan serangga.
- 2 Bagaimanakah otot abdomen membantu serangga bernafas?
- 3 Nyatakan dua ciri perbezaan antara mekanisme pernafasan ikan dengan manusia.
- 4 Terangkan mekanisme tarikan nafas dalam manusia.

Zon Aktiviti

Bina model untuk menunjukkan tindakan otot diafragma semasa pernafasan dalam manusia.

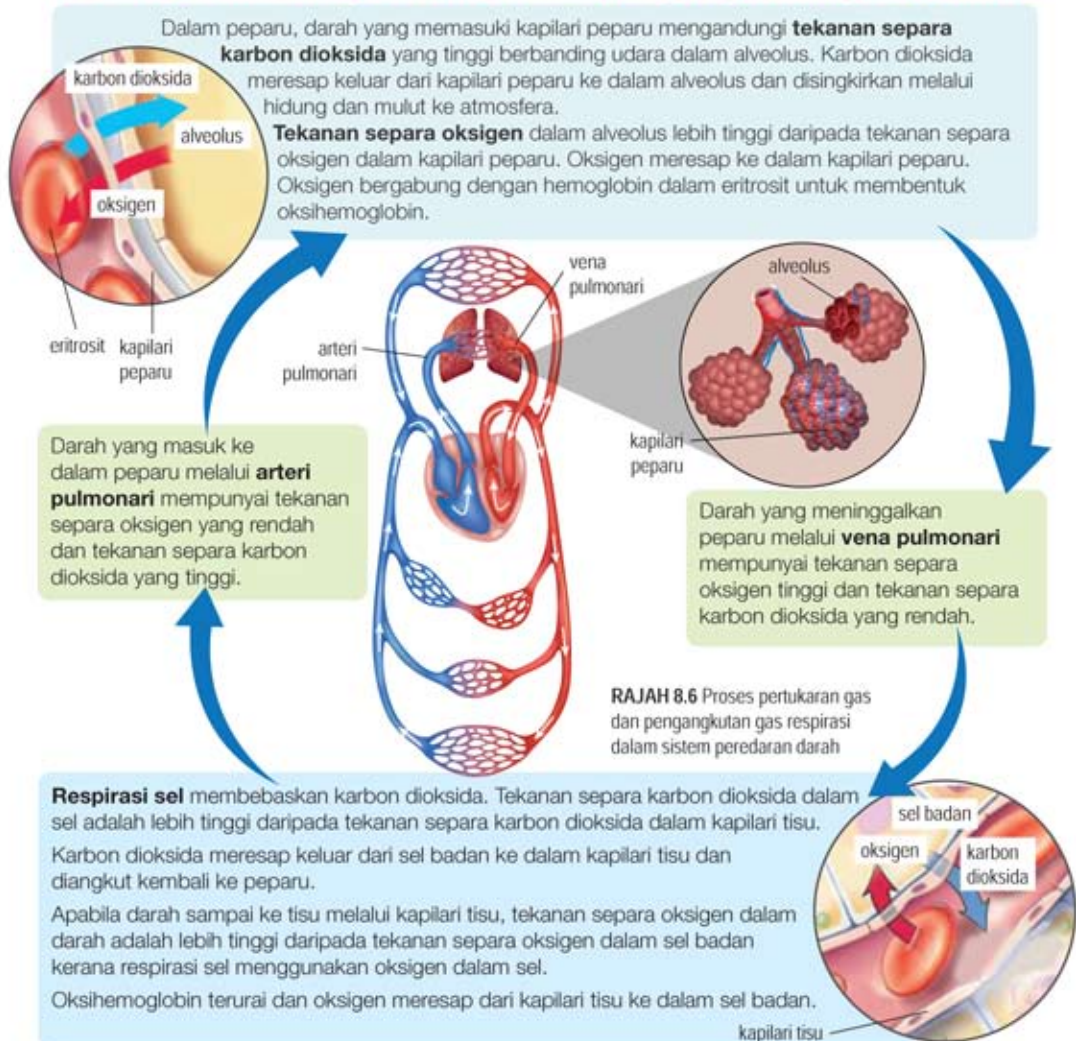
8.3

Pertukaran Gas dalam Manusia

Tekanan separa oksigen dan karbon dioksida

Resapan gas bergantung pada perbezaan tekanan separa antara dua kawasan. Resapan gas berlaku dari kawasan tekanan separa tinggi ke kawasan tekanan separa rendah, iaitu menuruni kecerunan tekanan separa gas.

Proses pertukaran gas dan proses pengangkutan gas respirasi



Pengangkutan karbon dioksida dalam sistem peredaran darah

Karbon dioksida diangkut melalui tiga cara:

- 70% diangkut dalam bentuk ion bikarbonat (HCO_3^-)
- 23% karbon dioksida bergabung dengan hemoglobin untuk membentuk karbaminohemoglobin
- 7% karbon dioksida terlarut diangkut sebagai asid karbonik (H_2CO_3)

Pengangkutan karbon dioksida dari sel badan ke kapilari tisu

- Karbon dioksida (CO_2) yang dibebaskan oleh sel badan berpadu dengan air (H_2O) dalam eritrosit untuk membentuk asid karbonik (H_2CO_3).
- Enzim karbonik anhidrase dalam eritrosit memungkinkan tindak balas ini.
- Asid karbonik (H_2CO_3) kemudiannya terurai kepada ion bikarbonat (HCO_3^-) dan ion hidrogen (H^+).
- Kemudian HCO_3^- meresap ke dalam plasma darah dan diangkut ke peparu.

Pengangkutan karbon dioksida dari kapilari peparu ke alveolus

- Setibanya di kapilari peparu, ion bikarbonat (HCO_3^-) dalam plasma darah meresap semula ke dalam eritrosit.
- Ion bikarbonat bergabung dengan ion hidrogen (H^+) semula untuk membentuk asid karbonik (H_2CO_3).
- Asid karbonik (H_2CO_3) kemudiannya terurai menjadi karbon dioksida dan air.
- Karbon dioksida meresap keluar melalui kapilari peparu ke dalam alveolus dan disingkir keluar semasa udara dihembus keluar.

Fikirkan!



Jelaskan mengapa hemoglobin fetus mempunyai peratus ketepuan oksigen yang lebih tinggi berbanding hemoglobin orang dewasa.

Lensa Biologi



Tekanan atmosfera pada aras laut ialah 760 mm Hg. Oleh sebab atmosfera terdiri daripada 21% oksigen (mengikut isi padu), tekanan separa oksigen ialah 0.21×760 mm Hg atau 160 mm Hg. Ini bermaksud tekanan oksigen dalam tekanan atmosfera ialah 160 mm Hg. Tekanan separa karbon dioksida pada aras laut ialah 0.23 mm Hg.

Praktis Formatif 8.3

1. Apakah nilai tekanan separa oksigen dalam tekanan atmosfera?
2. Dalam bentuk apakah karbon dioksida diangkut di dalam sistem peredaran darah manusia?
3. Terangkan pengangkutan karbon dioksida dari kapilari peparu ke alveolus.
4. Dalam bentuk apakah oksigen diangkut ke tisu?

Fikirkan!



Terangkan mengapa pendedahan kepada karbon monoksida untuk masa yang singkat adalah lebih berbahaya bagi seseorang individu berbanding pendedahan kepada karbon dioksida.

8.4

Isu Kesihatan Berkaitan Sistem Respirasi Manusia

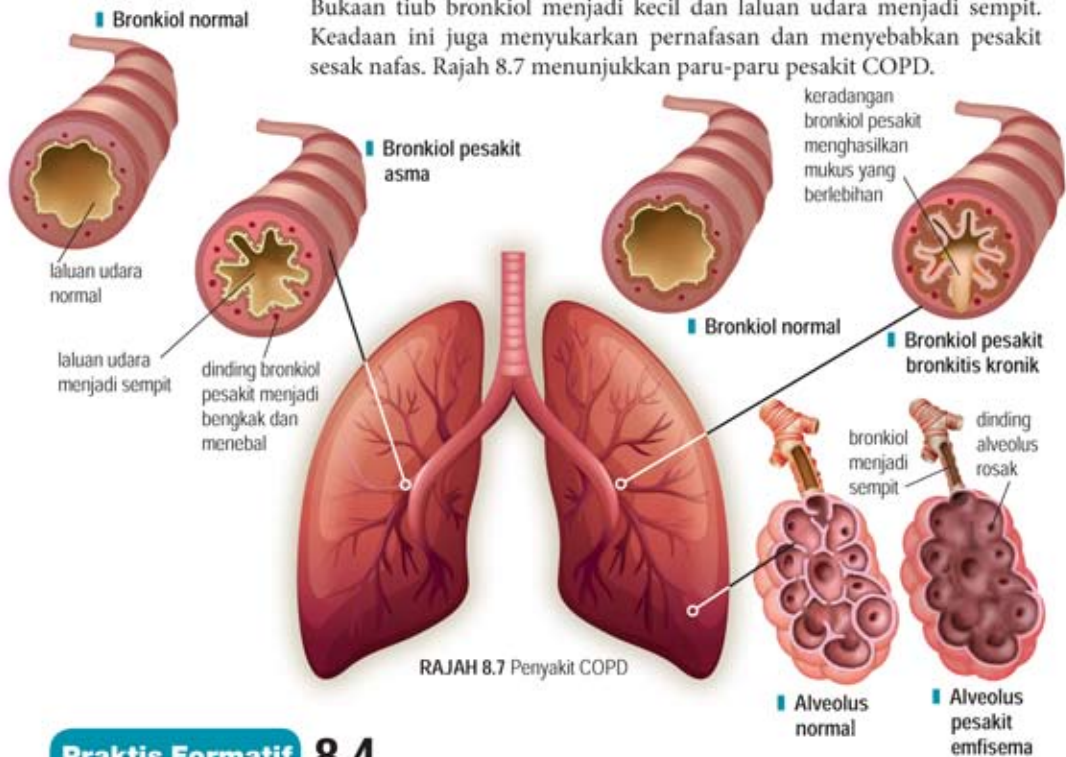
Zon Aktiviti

Bincang tentang faktor-faktor penyebab dan kaedah rawatan untuk penyakit asma, bronkitis kronik dan emfisema.

Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) ialah penyakit yang merangkumi penyakit **asma**, **bronkitis kronik** dan **emfisema**. Dalam penyakit **emfisema**, alveolus hilang kekenyalan dan saiz bertambah. Dinding alveolus rosak, jumlah luas permukaan alveolus berkurang dan pertukaran gas menjadi kurang efisien.

Dalam penyakit **bronkitis kronik**, bronkiol menjadi radang, bengkak dan tersumbat. Ini mengurangkan aliran udara dan menyukarkan pernafasan. Mukus yang banyak terbentuk pula menyebabkan batuk berterusan. Silium yang rosak menyukarkan penyingkiran mukus.

Bagi pesakit **asma**, dinding bronkiol menjadi bengkak dan menebal. Bukan tiub bronkiol menjadi kecil dan laluan udara menjadi sempit. Keadaan ini juga menyukarkan pernafasan dan menyebabkan pesakit sesak nafas. Rajah 8.7 menunjukkan paru-paru pesakit COPD.



RAJAH 8.7 Penyakit COPD

Praktis Formatif 8.4

- 1 Apakah kesan penyakit bronkitis kronik terhadap bronkiol?
- 2 Jelaskan keadaan dinding bronkiol pesakit asma.
- 3 Bagaimanakah penggunaan alat sedut membantu seseorang pesakit asma bernafas?
- 4 Terangkan mengapa pertukaran gas menjadi kurang efisien bagi pesakit yang menghidap penyakit emfisema.



Rumusan



Refleksi Kendiri

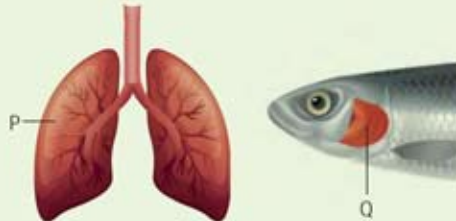
Adakah anda telah menguasai konsep penting berikut?

- Struktur respirasi dalam haiwan dan manusia
- Penyesuaian struktur respirasi dan fungsinya dalam pertukaran gas
- Struktur respirasi manusia dan haiwan
- Mekanisme pernafasan dalam manusia dan haiwan
- Pertukaran gas antara peparu dengan darah dan antara darah dengan tisu
- Pertukaran gas respirasi dari peparu ke tisu dan dari tisu ke peparu
- Isu kesihatan yang berkaitan dengan respirasi manusia



Praktis Sumatif 8

- 1 Jelaskan mengapa sistem pengangkutan tidak diperlukan untuk mengangkut gas respirasi dalam serangga.
- 2 Mengapakah paru paru amfibia tidak secepat paru paru manusia?
- 3 Diafragma seorang individu tidak dapat berfungsi lagi akibat satu kemalangan. Terangkan bagaimana keadaan ini memberi kesan kepada mekanisma pernafasan individu tersebut.
- 4 Bagaimanakah peningkatan kadar denyutan jantung semasa keadaan cemas dapat membantu seseorang menghadapi keadaan cemas tersebut?
- 5 (a) Seorang perokok tegar mudah mendapat batuk berterusan. Terangkan bagaimana keadaan ini boleh menjejaskan fungsi sistem respirasi.
(b) Huraikan satu penyakit lain yang mungkin dihadapi oleh perokok tegar tersebut.
(c) Terangkan kesan tar yang terkandung di dalam asap rokok terhadap perokok.
- 6 Salah satu kesan penyakit emfisema ialah kehilangan kekenyalan alveolus. Terangkan kesan ini terhadap pertukaran gas.
- 7 (a) Namakan struktur P dan Q yang masing-masing membantu manusia dan ikan menjalankan pertukaran gas.



RAJAH 1

- (b) Terangkan mekanisme pernafasan ikan.
- (c) Huraikan dua persamaan ciri struktur P dan Q yang disesuaikan untuk membantu P dan Q berfungsi dengan berkesan.
- (d) Berikan dua sebab mengapa kadar pembekalan oksigen ke sel badan manusia adalah lebih cepat daripada kadar pembekalan oksigen ke sel badan ikan sekiranya kedua-duanya mempunyai saiz yang sama.

Soalan Esei

- 8 Sistem respirasi manusia dan belalang mempunyai struktur penyesuaian yang berlainan untuk memaksimumkan kadar pertukaran gas. Nyatakan persamaan dan perbezaan antara sistem respirasi manusia dengan sistem pernafasan belalang.

- 9 (a) Huraikan bagaimana udara dapat disedut masuk ke dalam peparu.
(b) Huraikan bagaimana satu molekul karbon dioksida diangkut dari sel badan ke alveolus untuk disingkirkan.

Sudut Pengayaan

- 10  Pencemaran udara menyukarkan pernafasan dalam haiwan dan manusia. Sekiranya anda seorang ahli sains, haiwan manakah yang akan anda pilih sebagai petunjuk tahap pencemaran udara di sesuatu kawasan? Nyatakan justikasi pilihan anda.
- 11  Semua mamalia bernafas melalui peparu, begitu juga dengan mamalia yang hidup di dalam laut seperti ikan paus. Bagaimanakah ikan paus bernafas semasa berada di dalam air?



Jawapan lengkap boleh
didapati dengan mengimbas
kod QR yang disediakan