

BAB VI RESPIRASI

A. KOMPETENSI DASAR

Pokok bahasan ini diupayakan untuk memahami pengertian tentang respirasi pada hewan maupun pada tumbuhan, alat pernafasan berfungsi sebagai saluran pertukaran gas O₂ dan CO₂ pada hewan.

B. STANDAR KOMPETENSI

1. Mengetahui pengertian dasar tentang respirasi.
2. Menyebutkan alat-alat pernafasan pada berbagai hewan tingkat rendah dan tinggi.
3. Menjelaskan tentang saluran pernafasan baik pada hewan tingkat rendah maupun pada hewan tingkat tinggi.
4. Menjelaskan cara perembesan gas secara skematis dengan beberapa reaksi sederhana yang menyertainya.
5. Menjelaskan pengertian tentang pernafasan anaerobik dan pemanfaatannya untuk kesejahteraan manusia.
6. Menjelaskan tentang proses pernafasan yang terjadi pada tumbuhan tinggi dengan melalui akar, batang dan daun.

C. URAIAN MATERI

1. Respirasi Dan Transpirasi

Sebagaimana kita ketahui dalam aktifitas makhluk hidup memerlukan energi maka tumbuhanpun memerlukan energi yang diperoleh melalui respirasi, baik secara aerobik maupun anaerobik. Respirasi terjadi pada seluruh bagian tumbuhan, pada tumbuhan tingkat tinggi respirasi terjadi baik pada akar, batang maupun daun dan secara kimia pada respirasi aerobik merupakan kebalikan dari fotosintesis. Pada respirasi pembakaran glukosa oleh oksigen akan menghasilkan energi. Karena semua bagian tumbuhan tersusun atas jaringan dan jaringan tersusun atas sel, maka respirasi terjadi pada setiap sel.

Salah satu cara pengangkutan zat-zat dari tanah ke pucuk tumbuhan yang tinggi adalah melalui transpirasi (penguapan). Dengan transpirasi air bagian atas yang menguap akan diganti yang baru dari sebelah bawahnya sehingga pengangkutan unsur-unsur yang berupa senyawa mineral yang larut melalui pembuluh xilem. Sebenarnya pengangkutan zat dari bawah (akar) ke atas melalui berbagai cara, kecuali dengan transpirasi dengan tenaga isap daun juga melalui sistem kapiler dan tekanan akar. Bila atmosfer cukup panas dengan waktu yang relatif lama, maka dalam menjaga kelangsungan hidupnya melalui adaptasi beberapa spesies baik dari generasi itu maupun beberapa generasi berikutnya melalui evolusi. Misalnya pohon jati di daerah tropis akan meluruhkan daunnya pada saat musim kemarau, kaktus menghilangkan bentuk daun, dan sebagainya.

Respirasi atau pernafasan merupakan suatu proses terjadinya pertukaran antara oksigen dan karbondioksida dalam jaringan makhluk hidup.

Oksigen itu dibutuhkan untuk proses oksidasi atau pembakaran dalam organ makhluk hidup. Sebagian dari zat-zat nutrisi yang merupakan zat organik yang terdapat dalam protoplasma merupakan sumber energi setelah melalui proses pernapasan atau respirasi. Dengan oksidasi inilah diperoleh energi atau panas pada tubuh makhluk hidup.

Ada makhluk yang tak membutuhkan oksigen dari udara sebagai oksidator, disebut bernapas dengan anaerobis. Sedangkan makhluk yang membutuhkan oksigen bebas dari udara sebagai oksidator zat makanan untuk menghasilkan energi disebut bernapas secara aerobis.

Semua sel dalam tubuh memerlukan oksigen, karena reaksi kimia pernapasan untuk menghasilkan energi itu berlangsung pada tiap sel, maka pada makhluk monoseluler dengan dapat langsung berdifusi dari lingkungan. Pada makhluk multiseluler sederhana yakni *Porifera*, *Coelentrata*, *Platyhelminthes*, *Nematoda* dan *Anelida*, oksigen dapat mencapai setiap sel tubuh dengan difusi langsung dari lingkungan atau lewat rongga tubuh. Pada mereka tak perlu alat pernapasan, cukup melalui kulit.

Pada makhluk multiseluler yang lebih tinggi mulai dibutuhkan alat pernapasan. Karena pada hewan tingkat rendah difusi oksigen melalui kulit, oksigen tak akan bisa mencapai sebagian sel tubuh yang terdalam. Maka alat pernapasan itu ialah perantara antara lingkungan luar (alam bebas) dengan lingkungan dalam (cairan intraseluler).

Alat pernapasan itu biasanya lebih dekat letaknya dengan lingkungan luar dari pada ke dalam tubuh. Karena itu perlu ada yang mengangkut gas pernapasan untuk mencapai cairan intraseluler tubuh. Pengangkutan gas pernapasan dapat dibedakan atas dua jalan :

1. Pembuluh darah
2. Corong hawa

Pembuluh darah umumnya terdapat pada hewan untuk menghubungkan alat pernapasan yang berada dekat keluar tubuh dengan jaringan. Corong hawa terdapat pada insekta. Selain sebagai alat penerima corong hawa juga mengangkut oksigen langsung ke jaringan.

2. Alat Pernapasan Berbagai Hewan

a. Arthropoda

Pernapasan pada arthropoda secara garis besar dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu : bernapas dengan insang dan melalui corong udara. Kelompok arthropoda yang hidup di dalam air bernapas dengan insang, sedangkan yang hidup di darat bernapas dengan menggunakan corong udara (trachea). Hal ini terutama terjadi pada insekta, kecuali pada *Aracnoida* yang memiliki belahan-belahan tipis mirip buku yang kalau bernapas di udara disebut paru-paru dan bernapas di air disebut insang buku.

Pada *Crustaceae* insang terletak berpasangan dipangkal anggota daerah kepala-dada terlindung oleh axoskelet berupa tameng disebut carapaca. Insang itu sendiri tak bergerak, air dikayuhkan oleh anggota gerak sehingga diperoleh pengairan yang segar terus.

Corong hawa pada insekta terdiri dari dua batang corong utama, terletak di lateral dan sepasang di dorsal. Pada setiap segmen trachea memiliki lobang keluar yang disebut spiraculum atau stigma. Spiraculum ini terkatup, dapat digerakkan oleh otot untuk membuka dan menutupnya. Trachea bercabang-cabang halus mencapai seluruh jaringan dan alat-alat dalam, disebut tracheolus, trachea serta tracheoli itu sama halnya dengan trachea vertebrata, bumbung yang ditunjang oleh cincin-cincin yang pada insekta ini terdiri dari bahan citin. Trachea utama ditambah lagi penunjang agar terbuka lebar oleh adanya benang-benang spiral didindingnya.

Dipangkal percabangan trachea menjadi tracheoli ada sel yang memelihara sifat pernapasan, disebut tracheoblast. Dibagian ini distal (ujung) setiap tracheolus terkandung ciran agar udara mudah berdifusi ke jaringan. Pada serangga yang bergerak giat pada beberapa segment tubuh ada kantong-kantong udara yang bermuara ke trachea utama, spasang pada tiap segmen. Guna kantong udara adalah untuk menantang pengaliran udara kebagian dalam tubuh.

Tracheoli ibarat pembuluh kapiler pada sistem pengangkut vertebrata mencapai setiap sel untuk mengangkut oksigen. Kalau diiris/disayat tubuh seekor serangga dan diamati lambungnya, nampak penuh dengan benang-benang putih tak ubahnya lambung katak yang penuh dengan pembuluh darah. Jalinan benang-benang putih itulah trachea dan tracheoli. Ini berarti bahwa pengangkutan gas pernapasan pada insekta khusus diatur oleh sistem trachea, sedang bahan makan dan yang lain diatur oleh pembuluh darah atau cairan dalam rongga tubuh.

b. *Molusca*

Alat pernapasan molusca yang hidup di air adalah insang sedangkan yang hidup di air dengan paru. Insang dua pasang kiri dan kanan tubuh pada lokan, atau sepasang pada sotong dan siput. Pada lokan setiap belahan insang banyak sekali mengandung saluran halus untuk lewat air. Air masuk lewat lobang napas, dikayuh oleh silia yang terdapat pada sluran insang.

c. *Pisces*

Pisces bernapas dengan insang (branchia) pada elasmobranchii (ikan pari) terdapat 5-7 pasang dan pada teleostei 4 pasang. Pada dipnoi insang menyusut tinggal dua pasang lagi yang bekerja. Gelembung renang banyak mengandung percabangan pembuluh darah seperti paru vertebrata darat.

d. *Amphibia*

Alat pernapasan pada amphibian dapat berupa insang, kulit dan paru. Ketiga jenis alat pernapasan ini dapat bekerja sama. Pada amphibian rendah (*Nymnophiona*, *urodela*) dan embrio amphibian tingkat tinggi (*Anura*, katak), insang dan kulit berperan utama dan paru-paru kurang dipakai. Sebaliknya pada *Anura* dewasa paru lebih berperan, makin tinggi kedudukan dalam klasifikasi amphibian berarti makin sering hidup di darat, makin berkurang peranan kulit dan makin maju peranan paru. Pada *Gimnophiona* peranan kulit

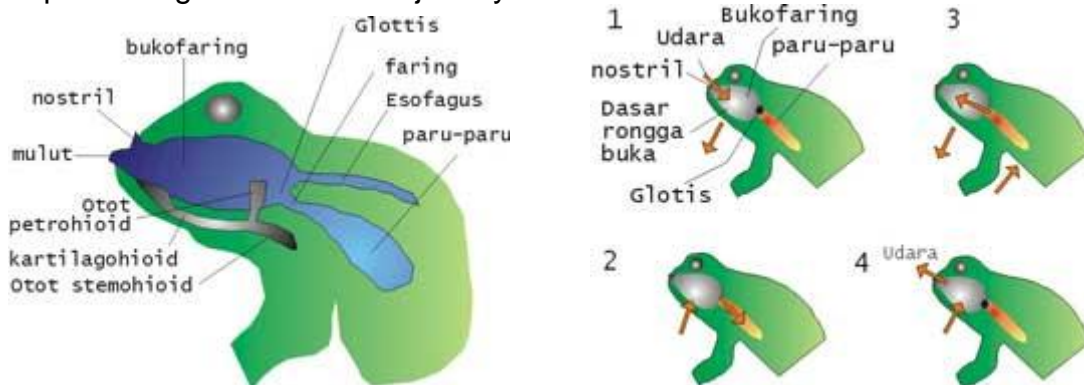
untuk mengambil gas pada pernapasan 75 %, pada *Urodela* 50 % dan pada *Anura* tinggi 25 %.

Apabila dibandingkan katak air (*rana*) dengan katak paru (*bufo*, katak air lebih banyak menggunakan kulit dari pada paru, sedang *bufo* lebih banyak menggunakan paru. Paru pada amphibian memiliki banyak lekuk-lekuk untuk memperluas permukaan dan mengatur tekanan udara dalam air.

Reptilia semata-mata bernapas dengan paru. Kedalaman paru lebih banyak lekuk-lekuknya dari pada *Anura* dan kantung alveolus makin banyak.

Aves bernapas dengan paru. Kedalaman paru mengandung alveolus (jamak : alveoli) yakni gelembung-gelembung halus. Alveoli ini banyak sekali kalau dibentangkan semuanya akan memiliki luas 100 x luas permukaan tubuh. Dengan begitu paru disini sudah sangat berperan lebih besar dan sangat giat. Karena makin luas permukaan dalam paru makin besar kesempatan proses difusi berlangsung, karena pada alveolilah difusi gas berlangsung.

Aves memiliki kantong-kantong udara yang merupakan percabangan bronchiolus (anak cabang tenggorok). Kantong udara itu berperan ganda, berperan untuk memperlancar keluar masuk gas ke paru dan pada beberapa jenis burung untuk menambah daya apung. Kantong-kantong udara banyak yang masuk tulang dan juga diupakai untuk memperkeras suara, sehingga dapat didengar berkilometer jauhnya.



3. Saluran Pernapasan Mamalia

Jika saluran pernapasan pada manusia dimulai dari depan, maka bagian-bagiannya terdiri dari :

1. Hidung (nasus)
2. Tekak (pharynx)
3. Lobang tenggorok (glottis)
4. Jakun (larynx)
5. Tenggorok (trachea)
6. Cabang tenggorok (broncus)
7. Anak cabang tenggorok (bronchiolus)
8. Kantung alveolus (saccus alveolus)
9. Gelembung (alveoli)
10. Paru (pulmo/pulmone)

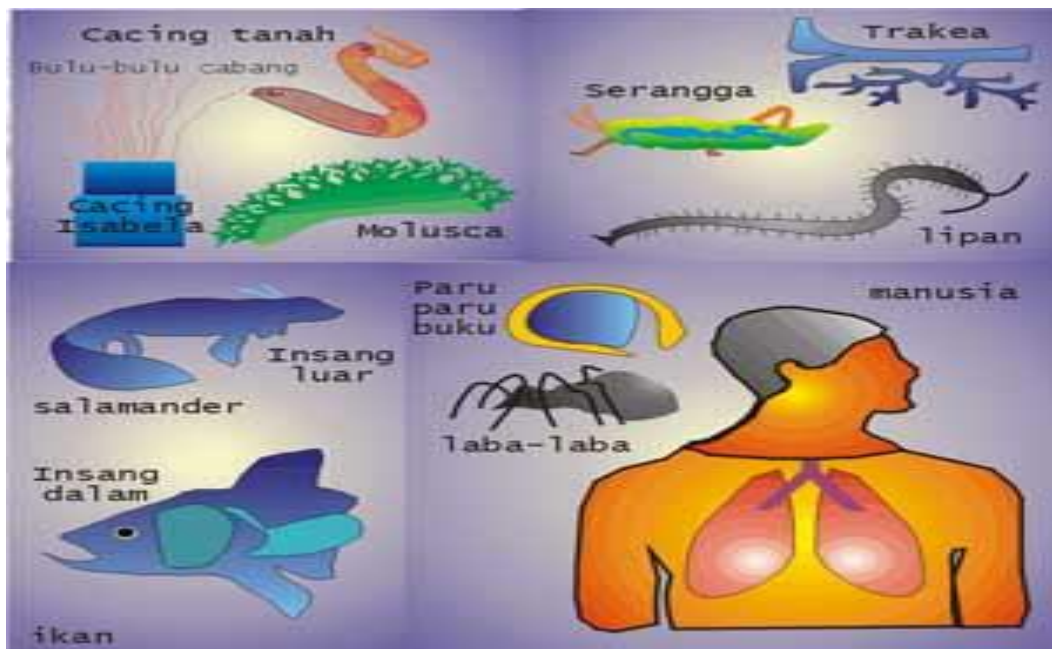
Lubang hidung keluar tubuh (external nares) atau nostril biasanya sepasang sesuai dengan nasus yang sepasang, yang dibatasi oleh sekat

(septum). Nasus memiliki geranggang tulang yang disebut turbinal (turbidus) berfungsi untuk menghangatkan udara yang masuk. Muara ke pharynx disebut internal nares atau choanea. Jika makanan ditelan, internal nares ditutup oleh ovula (anak lidah), sedangkan glottis ditutup oleh epiglottis.

Di posterior pharynx terletak larynx yang terdiri dari 9 keping tulang rawan. Diantaranya yang terpenting adalah epiglottis dan thyroid. Tulang thyroid ini pada manusia adalah yang menonjol (jakun) yang terlihat pada pria. Trachea bercabang dua menjadi bronchi yang memiliki cincin tulang rawan seperti trachea. Bronchi masuk paru yang secara garis besar terdiri atas dua bagian di kiri dan kanan. Ketika masuk paru histologis bronchus berubah, tidak ada lagi cincin-cincin tulang rawan hanya berupa keping-keping tak teratur dan otot polos melingkari saluran bronchus itu sepenuhnya.

Bronchus bercabang-cabang halus memasuki paru menjadi bronchiolus. Cabang-cabang ini tak mengandung keping tulang rawan lagi. Dan seluruh saluran mengandung jaringan pengikat dan otot polos belaka.

Bronchiolus berujung pada saluran alveolus yang berada dalam kantong alveolus dan kantong itu terdiri dari berpuluh-puluh alveoli. Menurut Evelyn Pearce luas permukaan keseluruhan alveolus paru-paru manusia sama dengan 100x luas permukaan tubuh.



4. Perembesan Gas

Gas bisa merembes lewat membran sel dari udara bebas jika ada selaput air, dengan kata lain harus ada ECF (extra celluler fluid) di luar membran supaya gas bias masuk ke dalam sel. Alat-alat pernapasan, apakah itu insang, paru-paru, atau trachea mestilah mengandung selaput air tadi agar proses bernapas dapat berlangsung. Jadi alat pernapasan harus selalu basah.

Insang sudah langsung dalam medium air, sehingga tidak perlu lagi saluran pernapasan menciptakan selaput air. Jika ikan dinaikkan ke darat ia

tidak bias bernapas karena insang kekeringan sehingga udara tidak bias merembes masuk. Trachea serangga tampak kering, tapi sesungguhnya dibagian ujung tracheolus ada selaput air. Selaput ini dipelihara selalu oleh tracheoblast. Paru memiliki saluran yang berselaput lendir. Selain berguna untuk menyaring benda asing lendir berfungsi untuk membasahi. Yang bernapas dengan kulit perlu menjaga agar kulit selalu dalam keadaan basah. Ini dengan adanya kelenjar lendir dikulit seperti yang terdapat pada katak. Ia harus tinggal di air atau pada tempat yang lembab. Jika katak dijemur ia akan segera mati bukan karena kepanasan tapi karena kulitnya kekeringan dan paru-parunya tak cukup untuk memelihara pernapasan sendiri.

Cacing tanah (*Pheretima*) yang juga bernapas dengan kulit harus mencari lingkungan yang selalu basah. Jika tanah itu kekurangan air, ia pindah mencari tempat yang tanahnya lembab. Pada musim kemarau cacing ditemukan agak dalam dari pada dimusim hujan.

Proses perembesan gas berlangsung dalam dua cara yaitu : secara difusi dan secara filtrasi. Konsentrasi dan tekanan oksigen lebih besar dalam alveolus dari pada dalam kapiler sehingga terjadi difusi dan filtrasi lewat membran pernapasan dari alveolus ke kapiler. Konsentrasi dan tekanan karbondioksida lebih besar pada kapiler dari pada alveolus sehingga terjadi difusi dan filtrasi dari kapiler ke alveolus. Setelah gas merambat ke kapiler, pengangkutan berlangsung sementara dan terjadi reaksi kimia dengan darah :

A. CO₂ (Karbondioksida)

- | | | |
|--------------------|--|--|
| 1. Dalam plasma | : CO ₂ + H ₂ CO ₃ | H ⁺ + HCO ₃ ⁻ |
| 2. Dalam eritrosit | : CO ₂ + HHb | HHBCO ₂ |

B. O₂ (Oksigen)

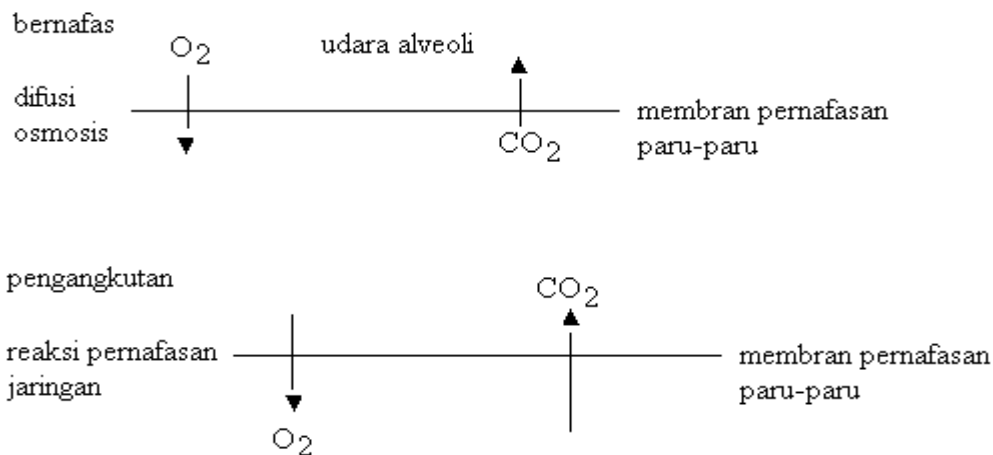
- | | | |
|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Dalam plasma | : O ₂ + H ₂ O | H ₂ O-O ₂ |
| 2. Dalam eritrosit | : O ₂ + Hb | HbO ₂ |

Reaksi I.1 dan I.2 menuju kekiri dilepaskan. Reaksi II.1 menuju kekanan melepaskan oksigen.

1. Pada Jaringan

Reaksi I.1 dan I.2 menuju kekanan, CO₂ masuk darah. Reaksi II.2 menuju kekiri, jaringan menerima oksigen. CO₂ diangkut lewat dua bagian : plasma dan eritrosit.

Dalam plasma sekitar 10 %, sisanya dalam eritrosit. Sedangkan O₂ hanya diangkut oleh eritrosit saja. CO₂ dimanfaatkan darah tanpa perlu dibuang seluruhnya lewat paru. Ia akan bereaksi dengan air dalam plasma, membentuk asam karbonat. Sebagian lagi berdisosiasi membentuk ion HCO₃⁻ yang akan bersenyawa dengan Na⁺ bersama CO₃, mereka ini akan membentuk garam dapur dalam plasma, untuk memelihara pH darah dalam keadaan tetap/normal. Dibawah ini diperlihatkan skema pernapasan pada vertebrata darat. Pada paru terjadi difusi dan filtrasi. Dalam darah terjadi pengangkutan sementara jika terjadi reaksi difusi dan filtrasi. Akhirnya baru akan dipergunakan dan CO₂ keluar jika cukup enzim pernapasan.



2. Pernapasan Tumbuhan Tinggi

Tumbuhan tidak mempunyai organ khusus untuk pernapasan, ada beberapa alasan, pertama ; setiap bagian dari tumbuhan memelihara kebutuhan pertukaran gas masing-masing. Pada tumbuhan terdapat sedikit pengangkutan gas dari satu bagian ke bagian lainnya. Meskipun tumbuhan memiliki sistem transport cairan yang baik namun sistem ini tak ikut dalam transport gas. Kedua ; kegiatan bernapas pada tumbuhan lebih rendah dibanding hewan, hanya pada waktu fotosintesis terdapat volume besar gas yang bertukar. Ketiga ; jarak gas yang harus berdifusi terletak sangat dekat dengan permukaannya. Tumbuhan menyusun sel-sel ini dalam lembaran yang tipis, baik pada daun, batang dan akar.

a. Akar

Difusi dari celah-celah butiran tanah lewat bulu akar. Dari bulu akar ke sel-sel lain pada lapisan dalam akar berlangsung dengan difusi pula. Pada akar tua, bulu akar dan epidermis digantikan oleh selaput gabus. Gas pernapasan lewat lentisel. Akar yang terendam air membuat tak bias bernapas, misalnya di daerah banjir, rawa dan daerah pantai. Di situ akar tumbuh dekat ke permukaan tanah, ada pula yang dibantu akar napas.

b. Batang

Batang merupakan bagian tumbuhan yang mudah mendapatkan udara pernapasan. Di daerah korteks parenkim tersusun renggang sehingga dapat menyimpan udara. Pada batang tua epidermis digantikan oleh lapisan gabus, dan pada beberapa tempat ada lentisel.

c. Daun

Lewat stomata, disimpan dalam jaringan bunga karang, keluar masuknya gas pernapasan diatur oleh membuka menutupnya sel penutup. Jika sel penutup menerima banyak air, ia gembung, stomata membuka. Jika sel penutup mengeluarkan banyak air ia kisut, stomata menutup. Ada dua faktor

yang mempengaruhi proses membuka menutupnya stomata yakni :
penumpukan glukosa dan perubahan pH.

SOAL LATIHAN

1. Mengapa transpirasi dapat terjadi pada tumbuhan ?
2. Mengapa beberapa jenis tumbuhan menggugurkan daunnya pada waktu musim kemarau ?
3. Apa perbedaan antara trachea dan insang ?
4. Bila dibandingkan antara hewan dan tumbuhan dalam proses respirasinya, maka dapat dikatakan bahwa hewan lebih banyak membutuhkan oksigen, mengapa dan jelaskan !
5. Jelaskan mengapa oksigen dapat berdifusi dari kantung alveoli atau medium air kedalam ruang kapiler paru-paru dan kapiler insang ?
6. Apa hakikat dari luas permukaan alveolus jauh lebih besar dari luas permukaan tubuh ?