

## BAB II LANDASAN TEORI

### A. Deskripsi Teori

#### 1. Model pembelajaran *Project Based Learning*

Project Based Learning (PjBL) ialah proses pembelajaran yang melibatkan para siswa untuk menghasilkan suatu proyek ( Anggraeni, 2017 : 3683-3690). Metode pembelajaran ini menggunakan proyek sebagai media pembelajaran dan dinilai sejalan dengan peraturan pemerintah, di mana siswa akan dituntut untuk melakukan eksplorasi, penilaian, interpretasi, sintesis, dan informasi untuk menghasilkan berbagai bentuk hasil belajar ( Pratama & Prasyaningrum, 2016).

Model *Project Based Learning* merupakan satu model pembelajaran yang dalam pelaksanaannya dapat mengajarkan siswa untuk menguasai keterampilan proses dan penerapannya dalam kehidupan sehari-hari sehingga membuat proses pembelajaran menjadi bermakna. Adapun model ini berfokus pada konsep-konsep dan prinsip-prinsip utama dari suatu disiplin ilmu dalam pelaksanaan model *Project Based Learning* siswa dilibatkan dalam kegiatan untuk memecahkan masalah dan tugas-tugas bermakna lainnya memberi peluang kepada siswa untuk bekerja secara otonom, mengkonstruksi belajar mereka sendiri, dan pada akhirnya menghasilkan produk nyata yang bernilai dan realistic.

Model pembelajaran *Project Based Learning* juga sering disebut pembelajaran berbasis proyek. Pembelajaran *Project Based Learning* merupakan model pendekatan pembelajaran inovatif dengan kerja proyek, dimana siswa perlu merancang, memecahkan masalah, mengambil keputusan, melakukan kegiatan penelitian, dan memberikan kesempatan kepada siswa untuk bekerja secara mandiri. ( Purta & Basuki, 2018:11).

##### a. Prinsip-prinsip Model Pembelajaran *Project Based Learning*

Menurut Thomas dalam (Abida, 2017:18), pembelajaran berbasis proyek memiliki beberapa prinsip dalam penerapannya, yaitu:

1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start With Essential Question*)

Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan esensial, yaitu pertanyaan yang dapat memberi penugasan siswa dalam melakukan suatu aktivitas. Pertanyaan disusun dengan mengambil topik yang sesuai dengan realitas dunia nyata dan dimulai dengan sebuah investigasi mendalam. Pertanyaan yang disusun hendaknya tidak mudah untuk dijawab dan dapat mengarahkan siswa untuk membuat proyek. Pertanyaan seperti itu pada umumnya bersifat terbuka (*Divergen*), provokatif, menantang, membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*High Order Thinking*), dan terkait dengan kehidupan siswa. Guru berusaha agar topik yang diangkat relevan untuk para siswa.

2) Pertanyaan Penuntun.

Pekerjaan proyek yang dilakukan oleh siswa bersumber pada pertanyaan atau persoalan yang menuntun siswa untuk menemukan konsep mengenai bidang tertentu. Dalam hal ini aktivitas bekerja menjadi motivasi eksternal yang dapat membangkitkan motivasi internal pada diri siswa untuk membangun kemandirian dalam menyelesaikan tugas.

3) Investigasi Konstruktif.

Pembelajaran berbasis proyek terjadi proses investigasi yang dilakukan oleh siswa untuk merumuskan pengetahuan yang dibutuhkan untuk mengerjakan proyek. Oleh karena itu guru harus dapat merancang strategi pembelajaran yang mendorong siswa untuk melakukan proses pencarian dan atau pendalaman konsep pengetahuan dalam rangka menyelesaikan masalah atau proyek yang dihadapi.

4) Otonomi.

Pembelajaran berbasis proyek, siswa diberi kebebasan atau otonomi untuk menentukan target sendiri dan bertanggung jawab terhadap apa yang dikerjakan. Guru berperan sebagai motivator dan fasilitator untuk mendukung keberhasilan siswa dalam belajar.

#### 5) Realistis.

Proyek yang dikerjakan oleh siswa merupakan pekerjaan nyata yang sesuai dengan kenyataan di lapangan kerja atau di masyarakat. Proyek yang dikerjakan bukan dalam bentuk simulasi atau imitasi, melainkan pekerjaan atau permasalahan yang benar-benar nyata

#### b. Langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek

Langkah-langkah pembelajaran berbasis proyek menurut The George Lucas Educational Foundation dalam (Eresti, 2021:33-35) adalah sebagai berikut.

##### 1) Penentuan Pertanyaan Mendasar (*Start With the Essential Question*).

Pembelajaran dimulai dengan pertanyaan esensial. Pertanyaan yang dapat memberi penugasan kepada peserta didik dalam melakukan suatu aktivitas. Topik penugasan dikaitkan dengan dunia nyata yang relevan dan bermakna untuk peserta didik, dimulai dengan sebuah investigasi mendalam

##### 2) Mendesain Perencanaan Proyek (*Design a Plan for the Project*)

Perencanaan dilakukan secara kolaboratif antara guru dan peserta didik. Dengan demikian peserta didik diharapkan akan merasa “memiliki” atas proyek tersebut. Perencanaan berisi tentang aturan main, pemilihan aktivitas yang dapat mendukung dalam menjawab pertanyaan esensial, dengan cara mengintegrasikan berbagai subjek yang mungkin, serta mengetahui alat dan bahan yang dapat diakses untuk membantu penyelesaian proyek

##### 3) Menyusun Jadwal (*Create a Schedule*).

Guru dan peserta didik secara kolaboratif menyusun jadwal aktivitas dalam menyelesaikan proyek. Aktivitas pada tahap ini antara lain:

- a) Membuat timeline (alokasi waktu) untuk menyelesaikan proyek
  - b) Membuat deadline (batas waktu akhir) penyelesaian proyek
  - c) Membawa peserta didik agar merencanakan cara yang baru
  - d) Membimbing peserta didik ketika mereka membuat cara yang tidak berhubungan dengan proyek
  - e) Meminta peserta didik untuk membuat penjelasan (alasan) tentang pemilihan suatu cara
- 4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*).

Guru bertanggung jawab untuk melakukan monitor terhadap aktivitas peserta didik selama menyelesaikan proyek Monitoring dilakukan dengan cara memfasilitasi peserta didik pada setiap proses. Dengan kata lain guru berperan menjadi mentor bagi aktivitas peserta didik. Agar mempermudah proses monitoring, dibuat sebuah rubrik yang dapat merekam keseluruhan aktivitas yang penting.

- 5) Menguji Hasil (*Assess the Outcome*).

Penilaian dilakukan untuk membantu guru dalam mengukur ketercapaian standar, berperan dalam mengevaluasi kemajuan masing- masing peserta didik, memberi umpan balik tentang tingkat pemahaman yang sudah dicapai peserta didik, membantu guru dalam menyusun strategi pembelajaran berikutnya.

- 6) Mengevaluasi Pengalaman (*Evaluate the Experience*).

Pada akhir pembelajaran, guru dan peserta didik melakukan refleksi terhadap aktivitas dan hasil proyek yang sudah dijalankan.

Proses refleksi dilakukan baik secara individu maupun kelompok.

- c. Kelebihan dan kekurangan model pembelajaran *Project Based Learning*

- 1) Kelebihan pembelajaran berbasis proyek menurut (Putri, 2019: 12-13) adalah sebagai berikut :
  - a) Meningkatkan kemampuan pemecahan masalah.
  - b) Membuat siswa lebih aktif dan berhasil memecahkan masalah kompleks.
  - c) Meningkatkan kolaborasi.
  - d) Mengembangkan dan mempraktikkan keterampilan komunikasi.
  - e) Meningkatkan keterampilan siswa dalam mengelola sumber.
  - f) Memberikan pengalaman mengorganisasi proyek, alokasi waktu dan sumber sumber lain untuk menyelesaikan tugas.
  - g) Menyediakan pengalaman belajar yang melibatkan siswa secara kompleks dan dirancang untuk berkembang sesuai dunia nyata.
  - h) Melibatkan para siswa untuk belajar mengumpulkan informasi, mengolah sesuai pengetahuan yang dimiliki, kemudian diimplementasikan dengan dunia nyata.
  - i) Membuat suasana belajar menjadi menyenangkan.
- 2) Kekurangan pembelajaran berbasis proyek menurut (Putri, 2019: 12-13) adalah sebagai berikut :
  - a) Memerlukan banyak waktu untuk menyelesaikan masalah.
  - b) Membutuhkan biaya yang cukup banyak.
  - c) Banyak instruktur yang merasa nyaman dengan kelas tradisional, dimana instruktur memegang peran utama di kelas.
  - d) Banyaknya peralatan yang harus disediakan.
  - e) Siswa yang memiliki kelemahan dalam percobaan dan pengumpulan informasi akan mengalami kesulitan.
  - f) Ada kemungkinan siswa yang kurang aktif dalam kerja kelompok.

- g) Ketika topik yang diberikan kepada masing-masing kelompok berbeda, dikhawatirkan siswa tidak bisa memahami topik secara keseluruhan.

## **2. Kemampuan pemecahan masalah**

Masalah adalah sesuatu yang harus diselesaikan. Masalah didefinisikan sebagai situasi atau masalah yang dihadapi seseorang yang tidak dapat segera diselesaikan dengan menerapkan aturan atau prosedur tertentu. Dalam proses pemecahan masalah, setiap siswa perlu menyadari bahwa solusi yang dicarinya merupakan bentuk pembelajaran yang sebenarnya ( Madya, 2021:10).

Menurut Hertiavi, 2010. Memecahkan suatu masalah merupakan aktivitas dasar bagi manusia karena dalam menjalani kehidupan manusia pasti akan berhadapan dengan masalah. Didukung pula oleh peneliti (Rachmawati, 2010:4). Masalah yang dipecahkan dalam kegiatan pemecahan masalah, adalah permasalahan atau persoalan otentik. Masalah otentik banyak didefinisikan sebagai ill structured problems, ialah persoalan yang tidak hanya mempunyai satu macam solusi, persoalan yang melibatkan berbagai disiplin ilmu/kajian, dan juga yang berupa persoalan, yang memancing pemikiran untuk menemukan alternatif-alternatif rumusan dan juga solusinya. Masalah otentik juga dimaknai oleh permasalahan atau persoalan yang familiar, yang dikenal siswa, yang terjadi di sekitar sekolah atau tempat tinggal siswa, dan atau masalah yang sedang mengemuka.

Indikator keterampilan pemecahan masalah yang digunakan dalam penelitian ini yakni indikator yang dikemukakan oleh Nasution. Indikator tersebut meliputi rumusan masalah, mengembangkan hipotesis, menguji hipotesis, mengembangkan dan mengambil kesimpulan, dan menerapkan kesimpulan.

### **a. Rumusan masalah**

Indikator keterampilan memecahkan masalah yang pertama yaitu merumuskan masalah. Dalam merumuskan masalah atau soal

meliputi: menyadari adanya masalah, melihat makna dan mengusahakan agar masalah tersebut dapat dikendalikan.

b. Mengembangkan hipotesis

indikator keterampilan memecahkan masalah yang kedua yaitu mengembangkan jawaban sementara (hipotesis). Dalam mengembangkan jawaban sementara meliputi meneliti dan mengklasifikasi data yang ada, mencari hubungan tafsiran yang logis dan merumuskan hipotesis.

c. Menguji hipotesis

Indikator keterampilan memecahkan masalah yang ketiga yaitu menguji jawaban sementara yang meliputi: a) Mengumpulkan data atau bukti yang meliputi mengidentifikasi bukti yang diperlukan, mengevaluasi data atau bukti yang diperlukan. b) Menyusun data atau bukti yang meliputi menerjemahkan, menerapkan bukti, menafsirkannya dan mengklasifikasinya. c) Menganalisis data yang meliputi memperhatikan persamaan dan perbedaan, mengidentifikasi adanya keteraturan urutan, dan mencari hubungan dengan hipotesis.

d. Mengembangkan dan mengambil kesimpulan

Indikator keterampilan memecahkan masalah keempat yaitu mengembangkan dan mengambil kesimpulan yang meliputi mengevaluasi hubungan antara bukti dan hipotesis dan merumuskan kesimpulan.

e. Menerapkan kesimpulan

Indikator memecahkan masalah yang kelima yaitu menerapkan kesimpulan pada data atau pengalaman baru yang meliputi mengujinya dengan bukti baru dan membuat generalisasinya.

### **3. Kemampuan kolaboratif**

Sebagai anggota masyarakat, manusia mutlak perlu bekerjasama dengan manusia lainnya. Untuk melakukan ini, setiap orang perlu memiliki kemampuan untuk bekerja sama (kolaboratif). Keterampilan

kolaboratif dibutuhkan dalam masyarakat, di tempat kerja, dan dalam pembelajaran. Keterampilan kolaborasi memudahkan untuk memecahkan/ menyelesaikan setiap tugas atau masalah yang kita hadapi.

Kata "kolaborasi" telah ada sejak tahun 1980-an dan digunakan sebagai pengganti kata kerja sama. Sejak saat itu, kolaborasi menjadi semester pilihan keterampilan siswa dan hasil belajar dari proses kolaborasi. Kolaborasi adalah tentang belajar bagaimana merancang dan berkolaborasi, mengeksplorasi, berkontribusi, dan mendengarkan 17 perspektif yang berbeda, dan memungkinkan orang lain untuk berpartisipasi dalam diskusi tentang topik tertentu. Menurut Kuhn dalam (Riyadi ,2018:16) kolaborasi sebagai hasil belajar penting untuk mengeksplorasi strategi yang efektif untuk mengajar dan menilai keterampilan

Menurut Meilinawati, 2018: 14. Berdasarkan beberapa pendapat yang menjelaskan mengenai ciri-ciri atau indikator kolaborasi siswa dalam pembelajaran, maka dapat disimpulkan bahwa indikator kolaborasi siswa antara lain:

a. Akuntabilitas dan tanggung jawab personal individu

Menerima tanggung jawab disini berarti berbuat sebagai perwujudan kesadaran akan kewajiban terhadap tugas atau peran individu maupun kesadaran akan kewajiban bersama terhadap kelompok.

b. Interaksi tatap muka

Hadirnya anggota didalam kelompok dan ikut aktif berkolaborasi mengerjakan tugas, tidak mengerjakan hal lain yang tidak bersangkutan dengan tugas kelompok.

c. Saling ketergantungan yang positif

Maksud saling ketergantungan disini adalah setiap anggota kelompok memiliki peran atau tugas masing-masing yang berbeda yang saling melengkapi dan berkaitan. Serta ketergantungan individu



dengan sumber belajar dalam menyelesaikan tugas atau suatu masalah.

d. Keterampilan komunikasi

Keterampilan yang dimiliki individu untuk menjalin komunikasi yang baik dengan individu lainnya. Contohnya adalah Ikut andil dalam mengemukakan pendapat, mengemukakan sanggahan, dan bertanya saat diskusi.

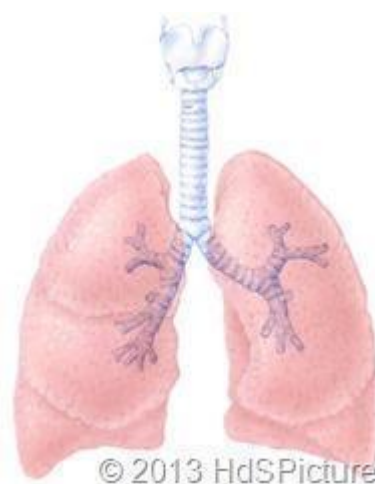
e. Keterampilan bekerja dalam kelompok

Kemampuan yang dimiliki individu dalam menerapkan pengetahuan dan pengalaman untuk menyelesaikan tugas.

#### 4. Materi sistem pernapasan pada manusia

Sistem pernapasan manusia memiliki beberapa fungsi diantaranya yaitu mengambil oksigen ( $O_2$ ) dari atmosfer ke dalam sel-sel tubuh, melepaskan karbon dioksida ( $CO_2$ ) yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh ke atmosfer, merupakan jalur untuk pengeluaran air dan panas, membantu mempertahankan keseimbangan asam-basa, merupakan sistem pertahanan terhadap benda asing, pembentukan vokal, dan sebagai indera penciuman (Karomah, 2020:35).

Pada peristiwa bernapas terjadi pelepasan energi, sistem pernapasan pada manusia mencakup saluran pernapasan, mekanisme pernapasan dan gangguan sistem pernafasan. Saluran pernapasan atau tractus respiratorius (*respiratory tract*) adalah bagian tubuh manusia yang berfungsi sebagai tempat lintasan dan tempat pertukaran gas yang diperlukan untuk proses pernapasan. Saluran ini berpangkal pada hidung atau mulut dan berakhir pada paru-paru. Urutan saluran pernapasan adalah sebagai berikut: *Rongga hidung, Pharing, Laryng, Trachea, Bronkus, Bronchiolus, Alveolus* dan *Paru-paru(pulmo)*.



Gambar 2.1 paru-paru

<https://hedisasrawan.blogspot.com/2013/08/8-organ-pernapasan-pada-manusia.html?m=1>

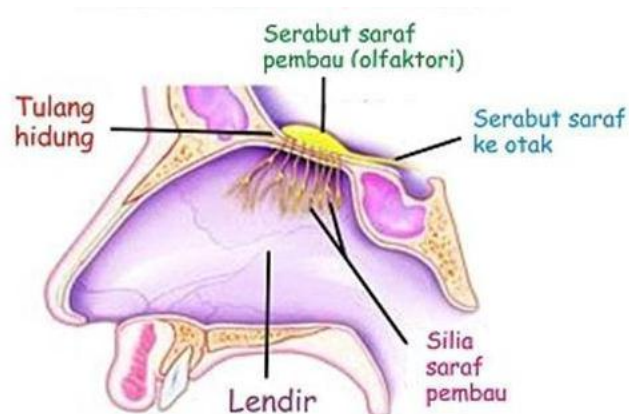
Pertukaran udara yang sebenarnya hanya terjadi di alveoli, dalam paru-paru orang dewasa terdapat sekitar 300 juta alveoli, dengan luas permukaan sekitar 160 m<sup>2</sup> atau sekitar 1 kali luas lapangan tenis, atau luas 100 kali dari kulit kita (Munawir, 2020).

a. Alat-alat pernapasan

1) Rongga Hidung (*Cavum Nasalis*)

Rongga hidung berlapis selaput lendir berfungsi menangkap benda asing yang masuk lewat saluran pernapasan, di dalamnya terdapat beberapa struktur penyusun :

- a) Kelenjar minyak (kelenjar sebacea)
- b) Kelenjar keringat (kelenjar sudorifera).
- c) Rambut pendek dan tebal yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang masuk bersama udara.
- d) Konka yang mempunyai banyak kapiler darah yang berfungsi menghangatkan udara yang masuk (sebagai heater).

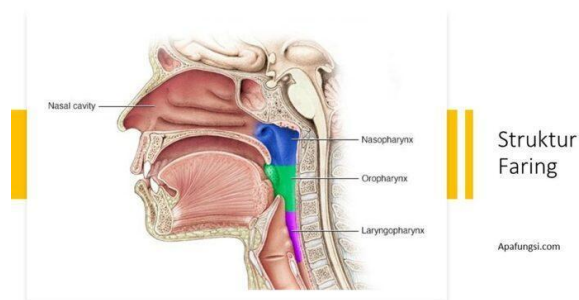


Gamar 2.2 Skema indra hidung (pembau)

<https://hedisasrawan.blogspot.com/2013/08/8-organ-pernapasan-pada-manusia.html?m=1>

2) Tekak/Faring (pangkal tenggorokan)

Tekak/faring terletak di belakang rongga hidung dan mulut. Tekak tersusun dari otot lurik dengan panjang kurang lebih 4 cm. Tekak ini merupakan persimpangan antara saluran pencernaan dengan saluran pernafasan.

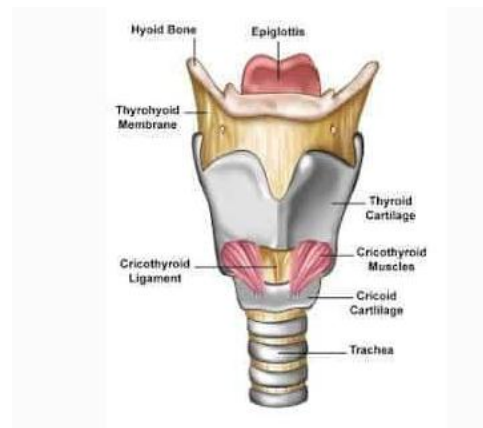


Gambar 2.3 Struktur faring

<https://apafungsi.com/faring/index.html>

3) Tenggorokan/Laring

Pada pangkal tenggorokan (laring) terdapat sebuah katup yang disebut epiglotis. Epiglotis ini berfungsi mengatur jalannya makanan dan udara pernapasan sesuai dengan alirannya masing-masing, disamping itu pada pangkal tenggorokan terdapat pita suara yang merupakan organ penghasil suara pada manusia. Walaupun demikian, saraf kita akan mengatur agar peristiwa menelan, bernapas, dan berbicara tidak terjadi bersamaan sehingga mengakibatkan gangguan kesehatan.

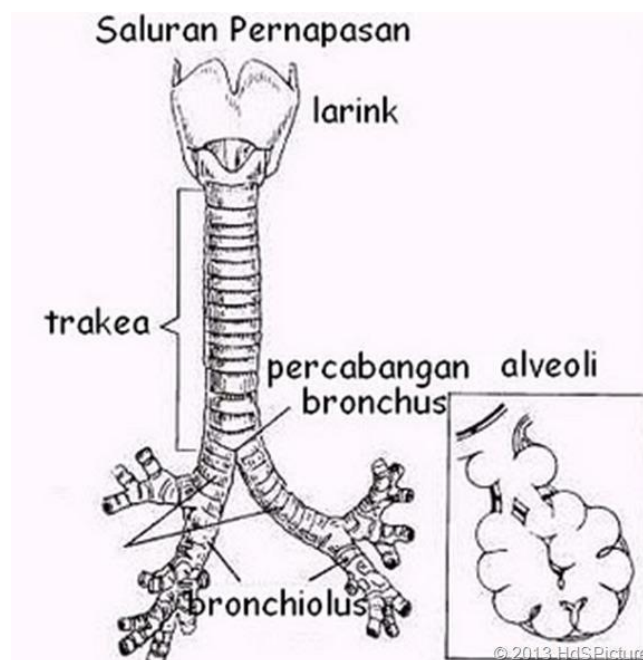


Gambar 2.4 Struktur laring pada manusia

<https://images.app.goo.gl/LB4TEMndrUjKDesg9>

#### 4) Batang tenggorokan (Trakea)

Tenggorokan berupa pipa yang panjangnya  $\pm 10$  cm, terletak sebagian di leher dan sebagian di rongga dada (torak). Dinding tenggorokan tipis dan kaku, dikelilingi oleh cincin tulang rawan, Pada bagian dalam rongga terdapat epitel bersilia. Silia-silia ini berfungsi menyaring benda-benda asing yang masuk ke saluran pernapasan.

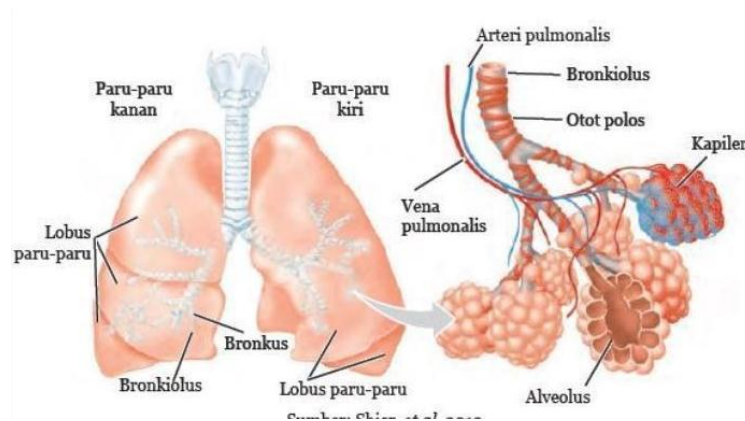


### Gambar 2.5 Tenggorokan

<https://hedisasrawan.blogspot.com/2013/08/8-organ-pernapasan-pada-manusia.html?m=1>

#### 5) Cabang Tenggorokan (Bronchi / bronchus)

Batang tenggorokan merupakan saluran penghubung antara rongga hidung, rongga mulut dan paru-paru. Dinding batang tenggorokan (trakea) tersusun dari cincin-cincin tulang rawan yang di dalamnya terdapat rambut-rambut getar (silia) yang berfungsi menyaring udara pernapasan. Cabang Tenggorokan (trakea) bercabang menjadi dua bagian, yaitu bronkus kanan dan bronkus kiri. Struktur lapisan mukosa bronchus sama dengan trakea, hanya tulang rawan bronchus bentuknya tidak teratur dan pada bagian bronchus yang lebih besar cincin tulang rawannya melingkari lumen dengan sempurna. Bronchus bercabang-cabang lagi menjadi bronkiolus.



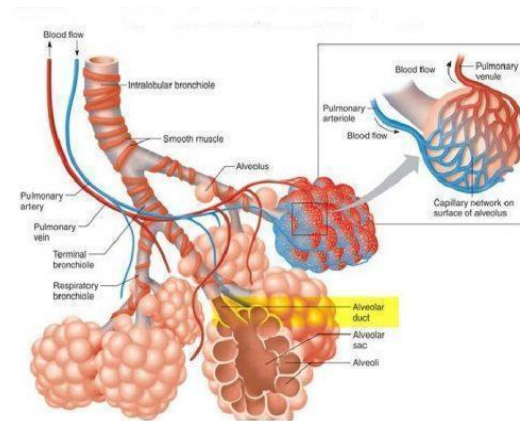
Gambar 2.6 Struktur bronkus dan bronkiolus pada manusia

<https://images.app.goo.gl/kv5ssVM6aMPGF692A>

#### 6) Alveolus

Alveolus merupakan struktur berbentuk bola-bola kecil atau gelembung paru paru yang diliputi oleh pembuluh-pembuluh darah.

Epitel pipih yang melapisi alveoli memudahkan darah di dalam kapiler-kapiler darah mengikat oksigen dari udara dalam rongga alveolus.

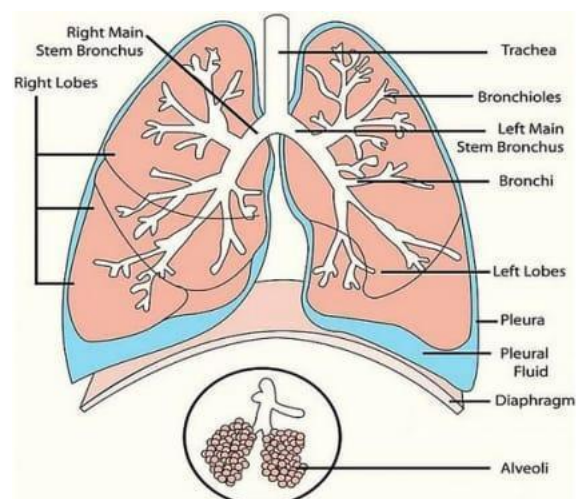


Gambar 2.7 Struktur alveolus

<https://pendidikanku.org/wp-content/uploads/2018/10/Fungsi-Alveolus.jpg>

## 7) Paru-paru (Pulmo)

Paru-paru adalah organ pernapasan utama berbentuk kerucut, terdiri atas jaringan elastik yang berpori-pori seperti spons dan berisi udara, serta terletak di rongga toraks (dada) sebelah kanan dan kiri yang dipisahkan oleh jantung, di atas diafragma. Paru-paru sebelah kanan terdiri atas tiga lobus, sedangkan paru-paru sebelah kiri terdiri atas dua lobus. Paru-paru terbungkus oleh lapisan-lapisan pleura yang terdiri atas pleura parietal, pleura visera, rongga pleura, dan resesus pleura (Karomah, 2020:35).



Gambar 8. Struktur paru-paru

<https://materi.co.id/paru-paru/>

8) Pleura

Pleura merupakan selaput pembungkus paru, terdiri atas :

1. Pleura Viscerale : melekat pd paru-paru , selaput bagian dalam yang langsung menyelimuti paru-paru disebut pleura dalam
2. Pleura Parietale : melapisi dinding dada
3. Pleura Costalis : melapisi iga-iga , berupa selaput yang menyelimuti rongga dada yang bersebelahan dengan tulang rusuk disebut pleura luar
4. Pleura Diafragmatica : melapisi diafragma
5. Pleura Servicalis : terletak di leher.

Antara selaput luar dan selaput dalam terdapat rongga berisi cairan pleura yang berfungsi sebagai pelumas paru-paru, Cairan pleura berasal dari plasma darah yang masuk secara eksudasi. Dinding rongga pleura bersifat permeabel terhadap air dan zat-zat lain.

b. Mekanisme pernapasan pada manusia

Pernapasan adalah suatu proses proses pertukaran gas oksigen dan karbondioksida. Proses pernapasan dipengaruhi oleh susunan saraf otonom. Menurut tempat terjadinya pertukaran gas, maka pernapasan dapat dibedakan atas 2 jenis (Munawir, 2020).

- 1) Pernapasan luar (Eksternal) terjadinya pertukaran udara, antara udara dalam alveolus dengan darah dalam kapiler.
- 2) Pernapasan dalam (Insternal) adalah pertukaran udara antara darah dalam kapiler dengan sel-sel tubuh.

Keluar masuk udara dalam paru-paru dipengaruhi oleh perbedaan tekanan udara dalam rongga dada dengan tekanan udara di luar tubuh.

Jika tekanan di luar rongga dada lebih besar maka udara akan masuk. Sebaliknya, apabila tekanan dalam rongga dada lebih besar maka udara akan keluar. Proses pernapasan selalu terjadi dua siklus, yaitu inspirasi (menghirup udara) dan ekspirasi (mengeluarkan udara). Berdasarkan cara melakukan inspirasi dan ekspirasi serta tempat terjadinya pernapasan manusia dapat melakukan 2 mekanisme pernapasan, yaitu pernapasan dada dan pernapasan perut. Pernapasan dada dan perut terjadinya secara bersamaan.

#### 1) Pernapasan Dada

Pernapasan dada merupakan pernapasan yang mekanismenya melibatkan aktivitas otot-otot antar tulang rusuk (intercostal). Pernapasan dada terjadi melalui fase inspirasi dan ekspirasi yang mekanismenya sebagai berikut:

Mekanisme pernapasan dada

- a) Fase Inspirasi pernapasan dada Mekanisme inspirasi pernapasan dada sebagai berikut: Otot antar tulang rusuk (musculus intercostalis eksternal) berkontraksi --> tulang rusuk terangkat (posisi datar) --> Paru-paru mengembang --> tekanan udara dalam paru-paru menjadi lebih kecil dibandingkan tekanan udara luar --> udara luar masuk ke paru-paru.
- b) Fase ekspirasi pernapasan dada. Mekanisme ekspirasi pernapasan perut adalah sebagai berikut: Otot antar tulang rusuk relaksasi --> tulang rusuk menurun --> paru-paru menyusut --> tekanan udara dalam paru-paru lebih besar dibandingkan dengan tekanan udara luar --> udara keluar dari paru-paru.

#### 2) Pernapasan Perut

Pernapasan perut merupakan pernapasan yang mekanismenya melibatkan aktivitas otot-otot diafragma yang membatasi rongga perut dan rongga dada. Mekanisme pernapasan perut dapat dibedakan menjadi dua tahap yakni sebagai berikut:

- a) Fase inspirasi pernapasan perut. Mekanisme inspirasi pernapasan perut sebagai berikut: sekat rongga dada



(diafragma) berkontraksi -->posisi dari melengkung menjadi mendatar --> paru-paru mengembang --> tekanan udara dalam paru-paru lebih kecil dibandingkan tekanan udara luar --> udara masuk.

- b) Fase ekspirasi pernapasan perut. Mekanisme ekspirasi pernapasan perut sebagai berikut: otot diafragma relaksasi --> posisi dari mendatar kembali melengkung --> paru-paru mengempis --> tekanan udara di paru-paru lebih besar dibandingkan tekanan udara luar --> udara keluar dari paru-paru.

Volume dan Kapasitas Paru-Paru Volume udara yang dipernafaskan sangat bervariasi, sebab dipengaruhi oleh cara dan kekuatan seseorang melakukan respirasi. Pada orang dewasa, volume paru paru berkisar antara 5 – 6 liter. Udara yang dipernafaskan oleh tubuh dapat digolongkan menjadi:

1) Udara pernapasan biasa/volume tidal (VT) Merupakan udara yang masuk dan keluar paru-paru pada saat pernapasan biasa. Volume udara yang masuk dan keluar sebanyak 500 ml.

2) Udara cadangan inspirasi/udara komplementer (UK)

c. Volume dan Kapasitas Paru-Paru

Volume udara yang dipernafaskan sangat bervariasi, sebab dipengaruhi oleh cara dan kekuatan seseorang melakukan respirasi. Pada orang dewasa, volume paru paru berkisar antara 5 – 6 liter. Udara yang dipernafaskan oleh tubuh dapat digolongkan menjadi:

1) Udara pernapasan biasa/volume tidal (VT) Merupakan udara yang masuk dan keluar paru-paru pada saat pernapasan biasa. Volume udara yang masuk dan keluar sebanyak 500 ml.

2) Udara cadangan inspirasi/udara komplementer (UK) Merupakan udara yang masih dapat dimasukkan ke dalam paru-paru secara maksimal, setelah melakukan inspirasi normal. Besarnya udara komplementer adalah 2500 - 3000 ml.

- 3) Udara cadangan ekspirasi/udara suplementer (US) Merupakan udara yang masih dapat dikeluarkan dari paru-paru secara maksimal setelah melakukan ekspirasi biasa. Besarnya udara suplementer adalah 1250 - 1300 ml.
  - 4) Udara residu (UR) Merupakan udara yang tersisa di dalam paru-paru, yang berfungsi untuk menjaga agar paru-paru tetap dalam keadaan mengembang. besarnya udara residu adalah 1200 ml.
  - 5) Frekuensi pernapasan Frekuensi pernapasan adalah intensitas memasukkan atau mengeluarkan udara per menit, dari dalam ke luar tubuh atau dari luar ke dalam tubuh. Pada umumnya intensitas pernapasan pada manusia berkisar antara 16 - 18 kali. Beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan frekuensi pernapasan adalah:
    - a) Usia Balita memiliki frekuensi pernapasan lebih cepat dibandingkan manula. Semakin bertambah usia, intensitas pernapasan akan semakin menurun.
    - b) Jenis kelamin Laki-laki memiliki frekuensi pernapasan lebih cepat dibandingkan perempuan.
    - c) Suhu tubuh Semakin tinggi suhu tubuh (demam) maka frekuensi pernapasan akan semakin cepat.
    - d) Posisi tubuh Frekuensi pernapasan meningkat saat berjalan atau berlari dibandingkan posisi diam. Frekuensi pernapasan posisi berdiri lebih cepat dibandingkan posisi duduk. Frekuensi pernapasan posisi tidur terlentang lebih cepat dibandingkan posisi tengkurap.
    - e) Aktivitas Semakin tinggi aktivitas, maka frekuensi pernapasan akan semakin cepat.
- d. Mekanisme Pertukaran Oksigen dan Karbondioksida
- 1) Pertukaran oksigen.

Kebutuhan oksigen setiap individu berbeda-beda tergantung pada umur, aktivitas, berat badan, jenis kelamin dan jumlah

makanan yang dikonsumsi. Dalam keadaan biasa jumlah oksigen yang dibutuhkan sebanyak 300 ml per hari per individu.

- a) Sekitar 97% oksigen yang masuk ke dalam darah akan diangkut oleh hemoglobin/eritrosit. Oksigen yang terikat dalam Hb dikenal dengan oksihemoglobin ( $\text{HbO}_2$ ). dengan reaksi sebagai berikut:  $\text{Hb}_4 + 4\text{O}_2 \rightarrow 4 \text{HbO}_2$
- b) 2-3 % lagi akan larut dan diangkut oleh plasma darah. Proses pengikatan dan pelepasan oksigen dipengaruhi oleh tekanan oksigen, kadar oksigen, dan kadar karbondioksida di jaringan tubuh, dan terjadi secara difusi.

Proses difusi berlangsung sederhana, yaitu hanya dengan gerakan molekul secara bebas, melalui membran sel dari konsentrasi tinggi atau tekanan tinggi ke konsentrasi rendah atau tekanan rendah. Prosesnya difusi dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a) Tekanan oksigen di udara ( $\text{PO}_2=160 \text{ mmHg}$ ), dalam alveolus ( $\text{PO}_2=105 \text{ mmHg}$ ). di arteri 100 mmHg, di jaringan 40 mmHg, di vena lebih kecil 40 mmHg.
- b) Jadi karena tekanan parsial oksigen berbeda, maka hemoglobin akan mengangkut oksigen sampai ke jaringan tubuh.
- c) Di dalam sel-sel tubuh, oksigen digunakan untuk proses respirasi di dalam mitokondria sel.
- d) Semakin banyak oksigen yang digunakan oleh sel-sel tubuh, semakin banyak karbondioksida yang terbentuk dari proses respirasi.
- e) Setiap 100 cc darah di arteri mampu mengangkut 19 cc $\text{O}_2$ .
- f) Setelah sampai di vena setiap 100 cc darah masih mengandung  $\text{O}_2$  sebanyak 12 cc. Volume  $\text{O}_2$  yang tertinggal di jaringan adalah 7 cc.

g) Jika volume darah ada 5 liter, atau 5000 cc, maka volume  $O_2$  yang sampai ke jaringan sekali beredar adalah:  $5000 / 100 \times 7$   
 $cc = 50 \times 7 = 350$  cc.

## 2) Pertukaran Karbondioksida.

Proses respirasi sel di jaringan tubuh akan menghasilkan karbondioksida, hal ini menyebabkan tekanan parsial karbondioksida ( $PCO_2$ ) dalam sel tubuh lebih tinggi dibanding di kapiler vena, sehingga  $CO_2$  berdifusi ke vena dan di bawa ke paru-paru. Prosesnya sebagai berikut :

- a)  $P.CO_2$  di jaringan tubuh = 60 mmHg ,  $P. CO_2$  di vena = 47 mmHg ,  $P. CO_2$  di alveolus= 35 mmHg) atau luar tubuh = 0.3 mmHg,
- b) karena perbedaan tekanan parsial tersebut, akhirnya  $CO_2$  akan dikeluarkan dari tubuh melalui ekspirasi.

Pengangkutan  $CO_2$  oleh darah dilakukan 3 cara yaitu:

- a) Oleh plasma darah  $CO_2 + H_2O \rightarrow H_2CO_3$ . Pengangkutan ini dibantu enzim karbonat anhydrase. jumlah  $CO_2$  yang dapat diangkut sebanyak 5 %.
- b) Oleh Hemoglobin  $CO_2 + Hb \rightarrow HbCO_2$
- c) Pertukaran klorida :  $CO_2 + H_2O \rightarrow HCO_3$ 
  - $H_2CO_3 \rightarrow H^+$  dan  $HCO_3$
  - $H^+$  di ikat Hb, karena bersifat racun dalam sel.
  - $HCO_3 \rightarrow$  ke plasma darah
  - $HCO_3 \rightarrow$  diganti oleh  $Cl^-$