

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sistem Pernapasan Manusia

1. Organ Sistem Pernapasan

a. Hidung

Hidung adalah gerbang utama keluar masuknya udara setiap kali Manusia bernapas. Dinding dalam hidung ditumbuhi rambut-rambut halus yang berfungsi menyaring kotoran dari udara yang Manusia hirup. Selain dari hidung, udara juga bisa masuk dan keluar dari mulut. Misalnya ketika ngos-ngosan atau saat hidung sedang mampet tersumbat karena pilek dan flu.

b. Sinus

Sinus adalah rongga udara di tulang tengkorak. Ada yang terletak di masing-masing kedua sisi hidung dekat tulang pipi, di belakang tulang hidung, di antara mata, dan di tengah dahi. Dalam sistem pernapasan manusia, sinus berfungsi membantu mengatur suhu dan kelembaban udara yang Manusia hirup dari hidung.

c. Faring

Faring (tenggorokan bagian atas) adalah tabung di belakang mulut dan rongga hidung yang menghubungkan keduanya ke saluran pernapasan lain yaitu trakea. Sebagai bagian dari sistem pernapasan manusia, faring berfungsi menyalurkan aliran udara dari hidung dan mulut untuk diteruskan ke trakea (batang tenggorokan).

d. Epiglotis

Epiglotis adalah lipatan tulang rawan berbentuk daun yang terletak di belakang lidah, di atas laring (kotak suara). Selama bernapas, epiglotis akan terbuka untuk memungkinkan udara masuk ke laring menuju paru-paru. Namun, epiglotis akan menutup selama kita makan untuk mencegah makanan dan minuman secara tidak sengaja terhirup.

e. Laring

Laring adalah rumah bagi pita suara Manusia. Letaknya tepat di bawah persimpangan saluran faring yang membelah menjadi trakea dan kerongkongan. Laring memiliki dua pita suara yang membuka saat kita bernapas dan menutup untuk memproduksi suara. Saat kita bernapas, udara akan mengalir melewati dua pita suara yang berimpitan sehingga menghasilkan getaran. Getaran inilah yang menghasilkan suara.

f. Trakea

Trakea adalah bagian terpadu dari jalur napas dan memiliki fungsi vital untuk mengalirkan udara ke dan dari paru-paru untuk pernapasan. Trakea atau batang tenggorokan adalah tabung berongga lebar yang menghubungkan laring (kotak suara) ke bronkus paru-paru. Panjangnya sekitar 10 cm dan diameternya kurang dari 2,5 cm. Trakea memanjang dari laring hingga ke bawah tulang dada (sternum), dan kemudian membelah menjadi dua tabung

kecil yang disebut bronkus. Setiap sisi paru-paru memiliki satu bronkus.

g. Tulang Rusuk

Tulang rusuk adalah tulang yang menopang rongga dada dan melindungi organ dalam dada, seperti jantung dan paru-paru dari benturan atau guncangan. Tulang rusuk akan mengembang dan mengempis mengikuti gerak paru saat mengambil dan mengeluarkan napas.

h. Paru-Paru

Paru-paru adalah sepasang organ yang terletak di dalam tulang rusuk. Masing-masing paru berada di kedua sisi dada. Peran utama paru-paru dalam sistem pernapasan adalah menampung udara beroksigen yang kita hirup dari hidung dan mengalirkan oksigen tersebut ke pembuluh darah untuk disebarakan ke seluruh tubuh.

i. Bronkiolus

Bronkiolus adalah cabang dari bronkus yang berfungsi untuk menyalurkan udara dari bronkus ke alveoli. Selain itu bronkiolus juga berfungsi untuk mengontrol jumlah udara yang masuk dan keluar saat proses bernapas berlangsung.

j. Alveoli

Alveoli adalah kantung-kantung kecil yang terdapat dalam paru-paru yang terletak di ujung bronkiolus. Dalam sistem pernapasan, alveoli berfungsi sebagai tempat pertukaran oksigen dan karbon dioksida. Pada alveoli juga ada kapiler pembuluh darah.

Nantinya, darah akan melewati kapiler dan dibawa oleh pembuluh darah vena dan arteri. Alveoli kemudian menyerap oksigen dari udara yang dibawa oleh bronkiolus dan mengalirkannya ke dalam darah. Setelah itu, karbon dioksida dari sel-sel tubuh mengalir bersama darah ke alveoli untuk dihembuskan keluar.

k. Diafragma

Diafragma merupakan dinding otot pemisah antara rongga dada dan rongga perut. Gerakan dari otot diafragma ini bergerak ke bawah yang menciptakan rongga kosong untuk menarik udara dan ekspansi paru-paru.

2. Mekanisme Pernapasan

Sistem pernapasan merupakan sistem terpenting dalam keberlangsungan hidup. Dalam proses kerja sistem pernapasan manusia disebut juga dengan repirasi. Respirasi sendiri merupakan dimana terjadinya proses pertukaran oksigen dengan karbon dioksida. Pernapasan dimulai dengan inhalasi udara melalui hidung, yang kemudian mengalir melalui tenggorokan, laring, dan trakea. Saat proses pengambilan nafas, kontraksi diafragma dan otot-otot di antara tulang rusuk membuat ruang kosong dalam rongga dada untuk memungkinkan paru-paru menarik udara ke dalamnya. Udara kemudian melalui trakea, bronkus, dan akhirnya sampai ke paru-paru. Selanjutnya, udara mengalir melalui bronkiolus, mengalir hingga mencapai alveoli, yakni kantung kecil di ujung cabang bronkiolus. Di alveoli, terjadi pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida yang kemudian masuk ke dalam

pembuluh darah kecil atau kapiler. Setelah pertukaran tersebut terjadi, otot diafragma kemudian mengendur dan memungkinkan karbon dioksida naik dan dikeluarkan melalui paru-paru. Selanjutnya, karbon dioksida ini dikeluarkan melalui hidung (S. Handayani, 2021).

B. Volume dan Kapasitas Udara Pernapasan

Volume dan kapasitas paru manusia dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya usia dan jenis kelamin. Selain kedua faktor tersebut, faktor lain seperti penyakit dan aktivitas setiap individu juga dapat berpengaruh terhadap kapasitas paru. Dalam kegiatan proses menghirup dan menghembuskan (inspirasi dan ekspirasi) udara hanya menggunakan sekitar 500cc dari kapasitas total volume udara pernapasan. Volume respirasi pada paru-paru dapat dibedakan menjadi empat, diantaranya yaitu volume tidal, volume cadangan respirasi, volume cadangan ekspirasi, dan volume residu (Rifa et al., 2013).

1. Volume Tidal (TV)

Volume tidal atau *tidal volume* (TV) merupakan besar volume udara yang dihirup (inspirasi) atau dikeluarkan (ekspirasi) dalam setiap satu kali siklus pernapasan normal. Besar volume tidal pada orang dewasa normal rata-rata yaitu sebesar $\pm 500\text{cc}$.

2. Volume Cadangan Inspirasi (IRV)

Volume cadangan inspirasi atau *Inspiratory Reserve Volume* (IRV) merupakan volume udara tambahan yang diinspirasi setelah volume tidal. Besar volume cadangan ekspirasi biasanya mencapai $\pm 3000\text{cc}$.

3. Volume Cadangan Ekspirasi (ERV)

Volume cadangan ekspirasi atau *Expiratory Reserve Volume* (ERV) merupakan jumlah udara yang masih tersimpan di dalam paru-paru dan masih dapat dikeluarkan dengan ekspirasi kuat atau paksa pada akhir respirasi normal. Besar volume cadangan ekspirasi dalam keadaan normal yaitu $\pm 1100\text{cc}$.

4. Volume Residu (RV)

Volume residu atau *Residual Volume* (RV) merupakan volume udara yang masih tetap ada di dalam paru-paru setelah melakukan ekspirasi kuat. Besar volume residu yaitu $\pm 1200\text{ml}$.

Kemampuan paru-paru dalam menampung udara disebut dengan kapasitas paru. Kemampuan paru dalam menampung udara pada setiap individu pula memiliki kapasitas yang berbeda-beda. Secara normal, kapasitas paru manusia sangat tergantung dari kebiasaan atau pola hidup, usia individu, index masa tubuh, serta riwayat penyakit yang terdapat pada saluran pernapasan (Maria et al., 2015). Menurut Astrand (1970) kapasitas paru sendiri merupakan gabungan dari beberapa volume paru yang mana kemudian dibedakan menjadi empat bagian yaitu kapasitas inspirasi, kapasitas residu fungsional, kapasitas vital, dan kapasitas paru total (Rifa et al., 2013).

1. Kapasitas Inspirasi (IC)

Kapasitas inspirasi atau *Inspiratory Capacity* (IC) merupakan volume udara yang masuk kedalam paru setelah melakukan inspirasi

maksimal. Kapasitas ini sama dengan volume tidal ditambah volume cadangan inspirasi. Besar dari kapasitas inspirasi ini yaitu $\pm 3500\text{cc}$.

2. Kapasitas Residu Fungsional (FRC)

Kapasitas residu fungsional atau *Functional Residual Capacity* (FRC) merupakan volume udara yang tersisa di dalam paru setelah akhir ekspirasi. Kapasitas residu fungsional sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume udara residu. Besar dari kapasitas residu fungsional yaitu $\pm 2300\text{cc}$.

3. Kapasitas Vital (VC)

Kapasitas vital atau *Vital Capacity* yang disebut dengan kapasitas total udara pernapasan merupakan jumlah udara maksimal atau keseluruhan yang dapat dikeluarkan suatu individu setelah melakukan inspirasi secara maksimal. Kapasitas vital sama dengan volume cadangan inspirasi ditambah volume udara tidal dan volume cadangan ekspirasi. Besar kapasitas vital yaitu $\pm 4600\text{cc}$.

4. Kapasitas Paru Total (TLC)

Kapasitas paru total atau *Total Lung Capacity* (TLC) merupakan volume maksimal paru yang dapat ditampung setelah melakukan inspirasi paksa. Kapasitas paru total sama dengan kapasitas vital ditambah volume residu. Besar kapasitas paru total yaitu $\pm 5800\text{cc}$. Pada kapasitas vital terdapat lagi kapasitas vital paksa atau *force vital capacity* (FVC) yang mana kapasitas vital paksa ini sama dengan kapasitas vital namun dilakukan secara cepat dan paksa

dengan penghembusan atau ekspirasi dalam dan kuat (Bakhtiar & Amran, 2019).

C. Mekanisme Pernapasan

Paru merupakan salah satu organ dalam tubuh yang memiliki fungsi dan peranan yang sangat penting dalam kehidupan. Fungsi dari paru diantaranya yaitu berperan dalam aktivitas pertukaran oksigen dan karbondioksida melalui proses pernapasan. Proses pernapasan ini bertujuan dalam memasok persediaan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida dari dalam tubuh. Aktivitas pernapasan ini akan terus berlangsung untuk mempertahankan keseimbangan konsentrasi oksigen, karbondoksida, dan ion hidrogen yang terdapat dalam cairan tubuh (Fadli & Sutysna, 2017).

Pada dasarnya sistem respirasi berperan dalam memasok udara dalam tubuh, memfasilitasi pertukaran gas di dalam udara dengan darah dan kemudian akhirnya dihembuskan keluar udara dengan komposisi yang berbeda pula. Dalam proses respirasi dibagi menjadi tiga tahap utama yaitu ventilasi, difusi, dan perfusi.

Ventilasi merupakan proses keluar masuknya udara kedalam paru atau proses inspirasi dan ekspirasi udara. Difusi merupakan perpindahan oksigen dari alveoli menuju ke dalam darah dan kemudian diikat oleh Hemoglobin menjadi Oksi-Hb dan karbondioksida lepas dari ikatan karbamino keluar dari darah menuju alveoli. Perfusi merupakan distribusi

Oksi-Hb dalam darah menuju ke jaringan di seluruh tubuh dan karbondioksida dari jaringan ke alveoli paru (Bakhtiar et al., 2017).

C. Pengukuran Fungsi Pernapasan

Pengukuran dalam tes fungsi pernapasan dilakukan dengan tujuan yang berbeda. Dalam sudut pandang praktis, tes fungsi pernapasan dapat diklasifikasikan ke dalam tes mekanika pernapasan, tes pertukaran gas, tes latihan, dan tes kontrol pernapasan. Jenis dari tes-tes tersebut digunakan untuk tujuan klinis, epidemiologi, pekerjaan, ataupun penelitian. Tes pengukuran ini sangat berguna untuk mendiagnosis penyakit pernapasan, memantau perkembangan fungsional, dan juga berguna dalam penilaian resiko perioperatif, dan prognosis dari berbagai penyakit. Salah satu jenis instrumen pengukuran dalam tes fungsi pernapasan yaitu spirometri, yang mana spirometri merupakan tes yang paling mudah diakses dan dapat digunakan untuk menilai mekanisme pernapasan (Vargas-Domínguez et al., 2019).

1. Spirometri

a. Definisi

Spirometri merupakan salah satu instrumen pemeriksaan yang digunakan untuk mengevaluasi fungsi paru dan mendiagnosis kondisi paru. Dalam pelaksanaannya tes ini akan menunjukkan kondisi pada paru, termasuk seberapa besar udara yang dapat dihirup dan dikeluarkan dalam satu kali siklus pernapasan. Pada spirometri, alat yang digunakan dalam tes pemeriksaan fungsi paru dan nantinya

menunjukkan hasil dalam bentuk grafik disebut dengan spirometer (R. N. Handayani, 2022). Pemeriksaan ini sangat berguna untuk mengetahui perbedaan dari penyakit paru restriktif dan untuk menentukan tingkat kelainan paru obstruktif atau restriktif tersebut termasuk dalam kategori ringan, sedang, atau berat (Lasut et al., 2016). Dalam pengukuran fungsi paru, spirometer biasa hanya dapat digunakan untuk mengukur IRV, TV, ERV, VC, dan IC. Untuk pengukuran yang membutuhkan spirometer khusus diantaranya RV, FRC, dan TLC (Bakhtiar & Amran, 2019).

b. Interpretasi

Interpretasi hasil spirometri merupakan bagian penting dalam menganalisis fungsi pernapasan seseorang, terutama dalam konteks mengidentifikasi gangguan pernapasan seperti penurunan fungsi paru, obstruksi saluran napas, atau pembatasan ventilasi paru. Terdapat beberapa standar yang harus terpenuhi sebelum melakukan interpretasi hasil pemeriksaan spirometri. Berdasarkan definisi dari *American Thoracic Society* (ATS) bahwa hasil dari spirometri yang baik ialah suatu usaha ekspirasi yang menunjukkan; (1) gangguan minimal pada saat awal ekspirasi paksa; (2) tidak ada batuk pada detik pertama ekshalasi paksa; dan (3) memenuhi 1 dari 3 kriteria valid *end-of-test*, yaitu diantaranya; (a) peningkatan kurva linier yang halus dari volume-time ke fase plateau dengan durasi sedikitnya 1 detik; (b) jika pemeriksaan gagal untuk memperlihatkan gambaran plateau ekspirasi, waktu ekspirasi paksa atau *Forced*

Expiratory Time (FET) dari 15 detik; atau (c) ketika pasien tidak mampu atau sebaiknya tidak melanjutkan ekspirasi paksa didasarkan alasan medis (Anna Uyainah ZN et al., 2017).

Interpretasi hasil spirometri berdasarkan parameter utama yang diukur sebagai berikut:

1) FEV1 (*Forced Expiratory Volume in 1 second*)

Forced Expiratory Volume in 1 second atau FEV1, mengukur jumlah volume udara yang dikeluarkan dalam 1 detik pertama saat ekspirasi paksa setelah menarik napas dalam. FEV1 yang lebih rendah menunjukkan adanya obstruksi saluran pernapasan.

2) FVC (*Forced Vital Capacity*)

Forced Vital Capacity atau FVC merupakan volume total udara yang dapat dikeluarkan dari paru-paru setelah melakukan inhalasi maksimal. FVC yang lebih rendah menunjukkan adanya pembatasan ventilasi, yang menandakan terdapat restriktif saluran pernapasan.

3) Rasio FEV1/FVC

Rasio FEV1/FVC menunjukkan proporsi volume udara yang dikeluarkan dalam 1 detik pertama dan total volume udara yang dikeluarkan secara paksa. Rasio ini digunakan untuk menilai apakah terdapat obstruksi atau pembatasan ventilasi.

D. Rokok Konvensional

1. Definisi Rokok Konvensional

Rokok konvensional merupakan produk tembakau berbentuk tabung dan terbuat dari daun tembakau yang telah dikeringkan dan dipotong halus kemudian dilinting menggunakan kertas tipis.

2. Kandungan Rokok Konvensional

Rokok mengandung berbagai zat adiktif yang bila dikonsumsi akan menyebabkan bahaya bagi kesehatan individu maupun masyarakat. Dalam rokok mengandung kurang lebih sebanyak 4000 macam zat kimia, diantaranya nikotin yang merupakan zat adiktif dan tar yang bersifat karsinogenik yang dapat memicu berbagai macam penyakit seperti kanker, penyakit jantung, impotensi, gangguan kehamilan dan janin, serta banyak lainnya. Dalam tembakau di rokok terdapat lebih dari 3800 senyawa kimia dan kelompok terbesarnya antara lain senyawa nitrogen dan hidrokarbon (Prasetyo et al., 2018).

E. Rokok Elektrik

1. Definisi Rokok Elektrik

Rokok elektrik merupakan suatu perangkat elektronik bertenaga baterai yang berfungsi untuk menyalurkan nikotin dalam wujud gas aerosol tanpa adanya proses pembakaran tembakau untuk kemudian dihirup ke dalam tubuh. Perangkat rokok elektrik yang saat ini banyak beredar di masyarakat yaitu *Electronic Nicotine Delivery System* atau ENDS (Abdullah et al., 2021). Rokok elektrik bekerja dari proses

penguapan cairan (*liquid*) yang kemudian dipanaskan dan menghasilkan uap air dan memberikan sensasi serupa seperti rokok (Waleleng et al., 2018). Rokok elektrik terdiri dari beberapa komponen dasar yaitu diantaranya yaitu baterai, pemanas, katrid yang berisi cairan atau liquid, dan pipet atau *mouthpiece* (Thirion-Romero et al., 2019).

2. Kandungan Rokok Elektrik

Kandungan *aerosol* yang dihasilkan oleh rokok elektrik ditentukan oleh suhu dan zat yang terkandung di dalam *e-liquid* yang dipanaskan. *E-liquid* merupakan cairan atau larutan yang mengandung gliserin nabati, nikotin dalam konsentrasi yang beragam, zat perasa, dan senyawa non-nikotin lainnya (Thirion-Romero et al., 2019).

F. Efek Merokok

Dalam asap rokok terdapat kandungan senyawa gas dan partikel diantaranya yaitu, karbon dioksida (CO₂), air, karbon monoksida, partikel halus yang berasal dari tar, nikotin, nitrogen oksida, hidrogen sianida, amonia, formaldehida, fenol, serta senyawa yang dikenal beracun lainnya. Salah satu komponen yang terdapat pada rokok dengan konsentrasi yang sangat tinggi yaitu karbon monoksida yang dihasilkan pada saat proses pembakaran rokok tersebut.

Kebiasaan merokok dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan perubahan struktur, fungsi saluran napas, dan jaringan pada paru. Akibat kebiasaan ini, penurunan faal paru menjadi lebih cepat. Asap rokok dan zat iritan lainnya yang dihirup kedalam paru akan mengaktifkan

mikrofas dan sel epitel pada saluran pernapasan yang kemudian melepaskan neutrofil dan faktor kemotaktik. Neutrofil dan mikrofas kemudian melepaskan enzim protease yang mana enzim ini merusak jaringan ikat pada parenkim paru sehingga menyebabkan terjadinya obstruksi saluran pernapasan (Saminan, 2016).

