

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Definisi

##### 1. Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK)

Penyakit Paru Obstruksi Kronis (PPOK) adalah penyakit paru kronik yang ditandai oleh hambatan aliran udara di saluran napas yang bersifat progressif non-reversibel atau reversibel parsial. Terdapat gejala pernapasan persisten dan keterbatasan aliran udara yang disebabkan oleh saluran napas dan/atau kelainan alveolar biasanya disebabkan oleh paparan yang signifikan terhadap partikel atau gas berbahaya (Windradini *et al.*, 2021). Bronkitis kronik merupakan diagnosis klinis dan epidemiologis yang ditandai dengan keluhan batuk dan produksi dahak sekurang kurangnya 3 bulan dalam 2 tahun berturut-turut. Kondisi ini ternyata hanya dijumpai pada sebagian kecil pasien saja dan tidak selalu mencerminkan obstruksi aliran udara.

Gejala PPOK yang paling umum, yang berkembang secara perlahan dan sering terjadi pada usia lanjut, adalah dispnea, yang didefinisikan oleh pasien sebagai kekurangan udara atau sesak napas. Kondisi ini biasanya disertai dengan batuk, dahak, mengi, pembatasan aktivitas sehari-hari, kelelahan, insomnia, dan nyeri (Ceyhan dkk., 2022).

Klasifikasi PPOK berdasarkan hasil pengukuran FEV1 dan FVC dengan spirometri setelah pemberian bronkodilator dibagi menjadi GOLD 1, 2, 3, dan 4. Pengukuran spirometri harus memenuhi kapasitas udara yang dikeluarkan secara paksa dari titik inspirasi maksimal (Forced Vital

Capacity (FVC)), kapasitas udara yang dikeluarkan pada detik pertama (Forced Expiratory Volume in one second (FEV1)), dan rasio kedua pengukuran tersebut (FEV1/FVC) (Yunus, 2020).

Tabel 2.1 klasifikasi PPOK

Klasifikasi	Kategori	Hasil spirometri
GOLD 1	Ringan	FEV1 $\geq$ 80% prediksi
GOLD 2	Sedang	50% $\leq$ FEV1 < 80% prediksi
GOLD 3	Berat	30% $\leq$ FEV1 < 50% prediksi
GOLD 4	Sangat berat	FEV1 < 30% prediksi

Sumber :(Yunus, 2020)

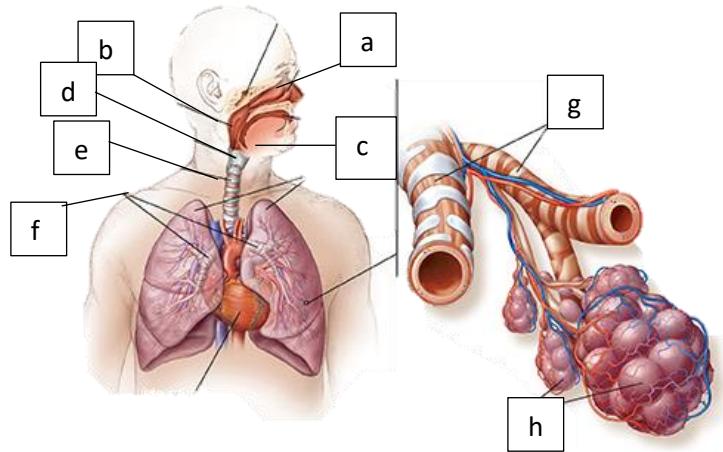
Klasifikasi pasien berdasarkan Combined COPD Assessment :

- a. Kelompok A - Rendah Risiko, Sedikit Gejala Pasien dengan klasifikasi GOLD 1 atau 2, mengalami eksaserbasi paling banyak 1 kali dalam setahun dan tidak pernah mengalami perawatan rumah sakit akibat eksaserbasi, serta hasil penilaian CAT score  $<10$  atau mMRC grade 0-1.
- b. Kelompok B - Rendah Risiko, Banyak Gejala Pasien dengan klasifikasi GOLD 1 atau 2, mengalami eksaserbasi paling banyak 1 kali dalam setahun dan tidak pernah mengalami perawatan rumah sakit akibat eksaserbasi, serta hasil penilaian CAT score  $\geq 10$  atau mMRC grade  $\geq 2$
- c. Kelompok C - Tinggi Risiko, Sedikit Gejala Pasien dengan klasifikasi GOLD 3 atau 4, dan/ atau mengalami eksaserbasi sebanyak  $\geq 2$  kali per

tahun atau  $\geq 1$  kali mengalami perawatan rumah sakit akibat eksaserbasi,  
serta hasil penilaian CAT score

- d. Kelompok D - Tinggi Risiko, Banyak Gejala Pasien dengan klasifikasi GOLD 3 atau 4, dan/ atau mengalami eksaserbasi sebanyak  $\geq 2$  kali per tahun atau  $\geq 1$  kali mengalami perawatan rumah sakit akibat eksaserbasi,  
serta hasil penilaian CAT score  $\geq 10$  atau mMRC grade  $\geq 2$

## 2. Anatomi sistem pernapasan



Gambar 2. 1 Anatomi pernapasan manusia

Sumber : (Ummah, 2019)

Keterangan gambar :

- a. Hidung
- b. Faring
- c. *Epiglotis*
- d. Laring
- e. *Trachea*
- f. Bronkus
- g. *Bronkiolus*
- h. *Alveolus*

a. Hidung

Hidung adalah saluran tempat pertama kali udara masuk ke dalam sistem pernapasan. Udara masuk melalui sepasang lubang hidung (nares external/nostril), yang di dalamnya terdapat rongga hidung (*cavum nasi*). Sebelum masuk ke *cavum nasi*, terdapat suatu ruangan yang memiliki rambut-rambut kasar hidung. Area tersebut disebut dengan vestibulum nasi. Udara yang mengandung partikel-partikel besar yang terhirup, seperti pasir, serbuk gergaji, atau bahkan serangga, akan tersaring pada rambut-rambut ini dan akan dicegah untuk masuk ke *cavum nasi*. Bagian kranial (atas) dari hidung terdiri dari tulang, hal ini menyebabkan jika wajah terkena trauma maka kemungkinan terjadi fraktur pada hidung sangat besar. Di antara nares eksternal kiri dan kanan terdapat sekat yang dinamakan septum nasi. Septum nasi terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang terbentuk dari tulang sejati dan bagian yang terbentuk dari tulang rawan. Pada kondisi tertentu bagian tulang rawan dan tulang sejati tumbuh tidak lurus, hal ini disebut *deviasi septum*. *Deviasi septum* dapat menyumbat *cavum nasi (kongesti nasal)*, jika ini terjadi maka dibutuhkan pembedahan (Ummah, 2019).

b. Faring

*Pharynx* adalah saluran berbentuk corong yang menghubungkan *cavum nasi* ke laring dan *cavum oris* ke *esophagus*. Faring berjalan dari pangkal *cranium* ke *vertebrae cervicalis VI* dan berfungsi sebagai saluran untuk makanan dan udara. Dalam hal saluran pencernaan, *pharynx* biasa disebut sebagai tenggorokan. Atas dasar lokasi dan

fungsi, *pharynx* dibagi menjadi (dari *superior* ke *inferior*) *naso pharynx*, *oropharynx*, *laryngopharynx*. Letak *pharynx* lebih *superior* dari *cavum oris*, sehingga *nasopharynx* hanya berfungsi sebagai saluran udara. Selama menelan, *palatum molle (soft palate)* dan *uvula* menutup *nasopharynx* dan mencegah makanan memasuki rongga hidung. Ketika seseorang tertawa terkikik, tindakan penutupan saluran gagal, dan cairan yang tertelan dapat menyembur dari hidung ke luar (Ummah, 2019).

c. *Epiglottis*

*Epiglottis* berbentuk seperti tanduk sepatu, menonjol lebih tinggi dari glotis dan membentuk penutup di atasnya. *Epiglottis* terdiri dari tulang rawan elastis. Selama proses menelan, *larynx* akan terangkat dan *epiglottis* terlipat menutupi *glottis*, mencegah cairan dan makanan memasuki *larynx*. Tiga pasang *cartilago* kecil terletak tepat di atas *cartilago cricoid* di bagian posterior laring yaitu *cartilago arytenoid*, *cartilago corniculata* dan *cartilago cuneiforme* (Ummah, 2019).

d. Laring

*Larynx* adalah tabung saluran pernapasan yang dibentuk oleh sembilan tulang rawan yang mengelilingi dan melindungi *glottis*. Tiga tulang rawan besar yang tidak berpasangan dan 3 tulang rawan kecil yang berpasangan. Tiga tulang rawan (*cartilago*) besar yang tidak berpasangan membentuk *larynx* adalah *cartilago thyroid*, *cartilago cricoid*, dan *epiglottis* gambar. Pada tulang rawan *thyroid*, kita dapat merasakan sebuah tonjolan *larynx* di anterior yang disebut *prominencia* atau yang biasa disebut jakun (*adam's apple*). *Cartilago thyroid* lebih

besar pada pria dibandingkan pada wanita karena hormon seks pria merangsang pertumbuhannya selama masa pubertas (Ummah, 2019).

e. *Trakea*

*Trachea* merupakan sebuah saluran dengan panjang 10-13 cm, namun saat inspirasi dalam dapat bertambah panjang mencapai 15-18 cm karena sifatnya yang elastis. *Trachea* dibedakan menjadi dua bagian yaitu *pars cervicalis* (leher) dan *pars thoracica* (dada). Pada bagian depan (*anterior*) dan di kedua sisi *pars cervicalis trachea* terdapat sepasang *glandula thyroid* (kelenjar gondok). *Trachea* mempunyai 16-20 tulang rawan *trachea*, yang berfungsi untuk menjaga dinding *trachea* agar tetap terbuka dan melindungi jalan napas. Tulang rawan tersebut juga mencegahnya agar tidak *colaps* pada saat perubahan tekanan dalam sistem pernapasan (Ummah, 2019).

f. *Bronchus*

*Bronchus principalis* dan seluruh cabangnya akan membentuk seperti pohon dan ranting yang disebut pohon bronkial (*bronchial tree*). Karena *bronchus principalis* kiri dan kanan berada di luar paru, maka *bronchus* tersebut disebut *bronchus ekstrapulmonal*. Saat *bronchus principalis* memasuki paru, *bronchus* tersebut bercabang membentuk saluran dengan diameter lumen yang lebih kecil. *Bronchus* yang lebih kecil ini disebut *bronchus sekunder* (*bronchus lobaris*). *Bronchus lobaris* ini berada di dalam paru sehingga disebut *bronkus intrapulmoner*. Di setiap paru, satu *bronchus lobaris* menuju ke setiap lobus, tiga *bronchus lobaris* untuk paru kanan, dan dua *bronkus lobaris*

untuk paru kiri. Di setiap paru, *bronchus lobaris* akan bercabang membentuk *bronchus* tersier (bronkus segmentalis) (Ummah, 2019).

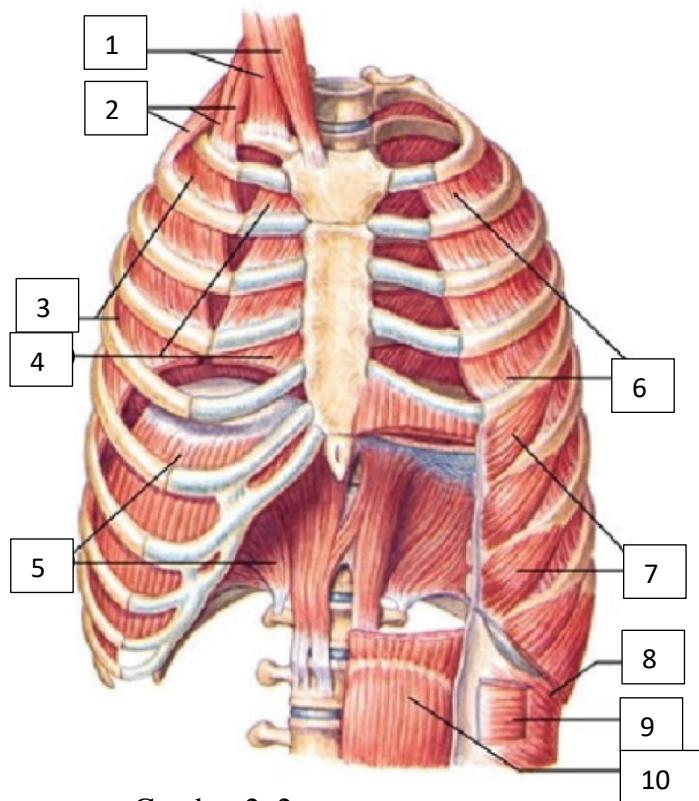
g. *Bronkiolus*

Setiap *bronchus* segmentalis akan bercabang menjadi *bronchiolus* dalam satu segmen *bronkopulmoner*. *Bronchiolus-bronchiolus* akan bercabang menjadi 6500 *bronkiolus terminalis* pada tiap bronkus. *Bronchiolus* tidak memiliki tulang rawan. *Bronchiolus* memiliki dinding yang sebagian besar dibentuk oleh otot polos. Otot polos ini aktivitasnya diatur oleh sistem saraf otonom. Ketika sistem saraf simpatis teraktivasi maka akan terjadi *bronchodilatasi* (pelebaran lumen *bronchus*), sebaliknya ketika sistem saraf parasimpatis terstimulasi maka akan terjadi *bronkokonstriksi* (penyempitan lumen *bronchus*). Setiap bronkiolus terminal akan menyuplai udara ke satu lobulus paru. Di dalam lobulus, bronkiolus terminal akan bercabang membentuk beberapa bronkiolus *respiratorius*. *Bronkiolus respiratorius* adalah cabang paling tipis dan halus dari pohon bronkial, mengantarkan udara ke permukaan alveoli. Udara yang masuk keluar dari bronkiolus terminal sebelumnya sudah difiltrasi dan dilembabkan (Medicine, 2024).

h. *Alveolus*

*Alveolus* merupakan suatu struktur anatomi dengan bentuk berongga. Terdapat pada parenkim paru-paru, yang kemudian merupakan ujung dari saluran pernapasan, di mana kedua sisinya menjadi tempat pertukaran udara dan darah. Alveoli (*alveolus*) ini berfungsi sebagai tempat pertukaran oksigen serta karbon dioksida. Alveoli kemudian

menyerap oksigen dari udara yang dibawa oleh bronkiolus, kemudian mengalirkannya ke dalam darah. Setelah itu, karbon dioksida yang merupakan produk limbah dari sel-sel tubuh ini mengalir dari darah ke alveoli untuk dihembuskan keluar. Pertukaran gas ini terjadi melalui dinding alveoli dan kapiler yang sangat tipis(Gramedia, 2025).

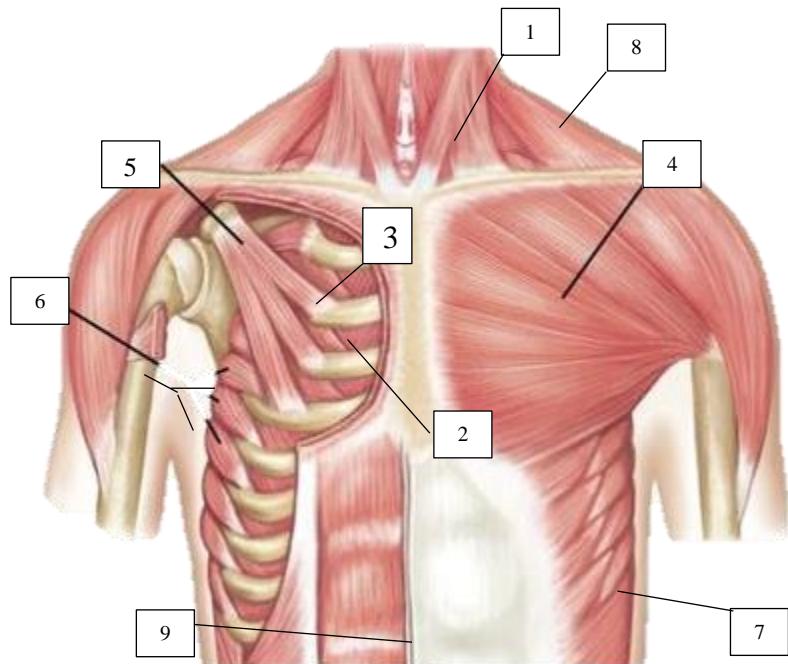


Gambar 2. 2 otot pernapasan

Sumber : (Umeds, 2025)

Keterangan gambar :

1. *Sternocleidomastoid*
2. *Scalenes*
3. *External intercostals*
4. *Internal intercostals*
5. *Diaphragm*
7. *External abdominal oblique*
8. *Internal abdominal oblique*
9. *Transversus abdominis*
10. *Rectus abdominis*



Gambar 2. 3 otot bantu pernapasan  
Sumber: (Diamond, 2024)

Keterangan gambar :

1. *Sternokleidomastoid*
2. *Interkostal internal*
3. *Transversus thoracis*
4. *Pectoralis mayor*
5. *Pectoralis minor*
6. *Serratus anterior*
7. *Latissimus dorsi*
8. *Trapezius muscle*
9. *Abdominus muscle*(Keith, 2020)

Tabel 2.2 otot pernapasan

	Origo	Insersio	Persyarafan	Fungsi
<i>Sternocleido mastoid</i>	- <i>Manubrium sterni</i> (bagian dari tulang dada) - <i>Clavicula</i> (tulang selangka)	<i>Procesus mastoid</i> (tulang temporal di tengkorak)	<i>Nervus aksesorius (Cranial nerve XI)</i> dan cabang dari <i>plexus servikalis (C2-C3)</i>	Membantu dalam elevasi tulang dada dan meningkatkan volume rongga dada saat bernapas.
<i>Scalenes</i>	<i>Prosesus transversus vertebra C2-C7</i> (tulang belakang leher)	<i>Costae I dan II</i>	<i>Plexus cervicalis et brachialis (C3-C8)</i>	Mengangkat pertama dan kedua, berkontribusi pada pernapasan dalam.
<i>External intercostals</i>	Tepi bawah <i>costae</i> di atas	Tepi atas <i>costae</i> di bawah	<i>Nervus intercostales (T1-T11)</i>	Mengangkat <i>costae</i> dan memperluas rongga dada saat bernapas masuk.
<i>Diaphragma</i>	- <i>Prosesus xiphoid</i> (bagian bawah tulang dada) - <i>Costae VII-XII</i> - <i>Vertebra lumbar</i> (tulang belakang bagian bawah)	Pusat tendon (tendon pusat di tengah diafragma)	<i>Nervus phrenicus (C3-C5)</i>	Otot utama pernapasan; saat berkontraksi, otot ini menurunkan dan memperbesar rongga dada, memungkinkan udara masuk ke paru-paru

	Origo	Insersio	Persyarafan	Fungsi
<i>Internal intercostals</i>	- <i>Costae V-XII</i>	- <i>Linea alba</i> (garis tengah perut)  - <i>Tuberculum pubis</i>  - <i>Iliac crest</i> (puncak tulang panggul)	<i>Nervus interkostalis</i> (T1-T11)	Menarik <i>costae</i> ke bawah dan ke dalam, membantu dalam pernapasan keluar.
<i>External abdominal oblique</i>	<i>Costae 5-12</i>	- <i>Linea alba</i> (garis tengah perut)  - <i>Tuberculum pubis</i>  - <i>Iliac crest</i> (puncak tulang panggul)	<i>Nervi intercostales</i> (T7-T12),  <i>nervus iliohypogastric us, nervus ilioinguinalis</i>	Membantu dalam pernapasan dengan menekan rongga perut dan membantu dalam ekspirasi
<i>Internal abdominal oblique</i>	<i>crista iliaca, fascia thoracolumbalis</i>	- <i>Linea alba</i> (garis tengah perut)  - <i>costae 10-12</i>	<i>Nervi intercostales</i> (T7-T12),  <i>nervus iliohypogastric us, nervus ilioinguinalis</i>	Berkontribusi pada penekanan rongga perut dan membantu dalam proses ekspirasi.
<i>Transversus abdominis</i>	- <i>Iliac crest</i> (puncak tulang panggul)  - <i>Costae 7-12</i>  - <i>Ligamentum inguinale</i> (ligamen di pangkal paha)	- <i>Linea alba</i> (garis tengah perut)	<i>Nervi intercostales</i> (T7-T12),  <i>nervus iliohypogastric us, nervus ilioinguinalis</i>	Menyokong dinding perut dan membantu dalam menekan rongga perut, berkontribusi pada ekspirasi.

	Origo	Insersio	Persyarafan	Fungsi
<i>Rectus abdominis</i>	<i>Pubis</i> (tulang kemaluan)  - <i>Costae 5-7</i>	- <i>Prosesus xiphoid</i> (bagian bawah tulang dada)	<i>Nervi intercostales</i> ( <i>T7-T12</i> )	Membantu dalam menekan rongga perut dan berkontribusi pada pernapasan dengan membantu dalam ekspirasi.

Sumber : (Tang dkk., 2023)

Tabel 2.3 otot bantu pernapasan

	Origo	Inersio	Persyarafan	Fungsi
<i>Sternokleidomastoid</i>	- <i>Manubrium sterni</i> (bagian dari tulang dada) - <i>Clavicula</i> (tulang selangka)	<i>Procesus mastoid</i> (tulang temporal di tengkorak)	<i>Nervus aksesorius</i> ( <i>Cranial nerve XI</i> ) dan cabang dari <i>plexus servikalis</i> ( <i>C2-C3</i> )	Membantu dalam <i>elevasi</i> tulang dada dan meningkatkan volume rongga dada saat bernapas
<i>Interkostal internal</i>	<i>Costae V-XII</i>	- <i>Linea alba</i> (garis tengah perut) <i>Tuberculum pubis</i> - <i>Iliac crest</i>	<i>Nervus interkostalis</i> ( <i>T1-T11</i> )	Menarik <i>costae</i> ke bawah dan ke dalam, membantu dalam pernapasan keluar.
<i>Transversus thoracis</i>	posterior permukaan <i>sternum</i> .	<i>Kartilago kostal costae II-VI</i>	<i>Nervus interkostalis</i>	Membantu ekspirasi dengan menurunkan tulang rawan <i>costae</i>
<i>Pectoralis mayor</i>	<i>Clavicula, sternum, dan kartilago kostal costae I-VI</i>	<i>Krista tuberculum mayor humerus.</i>	<i>Nervus pectoralis medial dan lateral</i> ( <i>C5-T1</i> ).	Membantu elevasi dinding dada saat lengan difiksasi.
<i>Pectoralis minor</i>	Permukaan anterior <i>costae III-IV</i> .	<i>Prosesus korakoid scapula.</i>	<i>Nervus pectoralis medial dan lateral</i> ( <i>C5-T1</i> ).	Membantu elevasi dinding dada saat lengan difiksasi.
<i>Serratus anterior</i>	Permukaan luar <i>costae I-VIII</i> .	<i>Margin medial scapula.</i>	<i>Nervus thoracicus longus</i> ( <i>C5-C7</i> ).	Mengangkat <i>costae</i> selama inspirasi.
<i>Latissimus dorsi</i>	<i>Prosesus spinosus T7-T12, fascia thoracolumbalis, iliac crest.</i>	<i>Krista tuberculum kecil humerus.</i>	<i>Nervus thoracodorsalis</i> ( <i>C6-C8</i> ).	Membantu ekspirasi paksa.

	Origo	Inersio	Persyarafan	Fungsi
<i>Trapezius muscle</i>	<i>Garis nuchal superior, protuberantia occipitalis externa, dan prosesus spinosus C7-T12.</i>	<i>Clavicula lateral, acromion, dan spina scapula.</i>	<i>Nervus aksesorius (Cranial nerve XI).</i>	Menstabilkan punggung atas selama pernapasan.
<i>Abdominal muscle</i>	<i>Pubis (tulang kemaluan)</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosesus xiphoid (bagian bawah tulang dada)</li> <li>- Costae 5-7</li> </ul>	<i>Nervus interkostalis (T7-T12) dan nervus ilioinguinalis/iliohypogastricus (L1).</i>	Membantu dalam menekan rongga perut dan berkontribusi pada pernapasan dengan membantu dalam ekspirasi.

Sumber : (Keith, 2020)

Pola pernapasan manusia melibatkan tiga mekanisme yaitu pernapasan dada, pernapasan diafragma, dan pernapasan perut. Pernapasan dada melibatkan otot-otot di antara *costae*, yang dikenal sebagai otot *interkostal*. Saat menarik napas (inspirasi), otot *interkostal* berkontraksi, mengangkat *costae* dan memperbesar rongga dada sehingga menyebabkan paru-paru mengembang dan udara masuk. Saat menghembuskan napas (ekspirasi), otot *interkostal* berelaksasi, *costae* kembali ke posisi semula, rongga dada mengecil, dan udara dikeluarkan dari paru-paru.

Pernapasan diafragma merupakan pola pernapasan yang menggunakan diafragma, yaitu otot utama yang memisahkan rongga dada dan rongga perut. Pernapasan perut merupakan pola pernapasan yang terlihat dari gerakan perut, karena diafragma yang bekerja mendorong organ-organ dalam rongga perut. Ketika diafragma berkontraksi (sama seperti pernapasan diafragma), perut terlihat mengembang akibat tekanan pada organ perut. Saat diafragma rileks, perut kembali ke posisi semula (Budiyanto, 2023).

### 3. Etiologi

Penyakit Paru Obstruksi Kronis (PPOK) adalah penyakit paru kronik yang ditandai oleh hambatan aliran udara di saluran napas yang bersifat progresif *nonreversibel* atau *reversibel* parsial (Windradini *et al.*, 2021). Bronkitis kronis disebabkan oleh paparan yang berkepanjangan terhadap iritan yang merusak paru-paru, dengan merokok sebagai penyebab utamanya. Di antara perokok saat ini, kejadian kumulatif 30 tahun adalah 42%. Namun, antara 4% dan 22% individu dengan bronkitis kronis tidak pernah merokok, yang menunjukkan faktor penyebab tambahan. Studi menunjukkan bahwa paparan gas, debu

mineral, asap, dan pelarut dapat menyebabkan bronkitis kronis, bahkan pada individu tanpa PPOK. Menggunakan bahan bakar biomassa seperti kayu, kotoran, dan sisa tanaman yang umum digunakan untuk memasak di daerah pedesaan, terutama oleh wanita, meningkatkan risiko PPOK dan bronkitis kronis. Selain itu, faktor genetik berperan, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian yang menghubungkan hipersekresi lendir kronis dengan *polimorfisme nukleotida tunggal* pada kromosom 3 dan mengidentifikasi lokus genetik yang signifikan pada kromosom 11p15.5 yang terkait dengan PPOK dan bronkitis kronis. Faktor risiko lainnya termasuk polusi udara, asma, *refluks gastroesophageal*, infeksi pernapasan berulang, aspirasi kronis, dan alergi. Sebaliknya, infeksi kronis dengan *Haemophilus influenza nontypeable*, *Streptococcus pneumoniae*, dan *Moraxella catarrhalis* karena gangguan pembersihan mukosiliar dan *malacia* saluran napas mendasari PBB pada anak-anak (Widysanto, 2025).

#### 4. Patofisiologi

Sel inflamasi menginfiltasi permukaan epitel saluran napas sentral, mengakibatkan perubahan epitel menjadi *squamous metaplasia*. Terjadi pembesaran kelenjar mucus dan peningkatan sel *goblet*. Perubahan tersebut mengakibatkan terjadi hipersekresi *mucus*. Perubahan pada saluran napas kecil akibat inflamasi menyebabkan *airway remodelling* sehingga menyempitkan lumen saluran napas yang *nonreversibel* (Prodyanatasari, 2015).

Pada orang dewasa dengan bronkitis kronis, paparan terhadap asap rokok, infeksi virus dan bakteri yang terjadi terus-menerus, atau lingkungan yang beracun dapat merangsang produksi lendir yang berlebihan di saluran napas.

Hal ini terjadi karena adanya zat peradangan dan zat kimia tubuh (mediator inflamasi dan humorai) yang merangsang pelepasan *musin* (zat utama penyusun lendir) sebagai upaya tubuh melindungi saluran pernapasan dari zat-zat berbahaya. Selain itu, sel-sel peradangan mengaktifkan reseptor yang disebut EGFR (*epidermal growth factor receptor*), yang kemudian memicu pembentukan gen yang menghasilkan *musin*. Proses ini menyebabkan tubuh memproduksi lendir secara berlebihan.

*Sel neutrofil* (sel darah putih yang terlibat dalam peradangan) menjadi sangat aktif dan mengeluarkan enzim yang disebut *elastase*, yang memperparah produksi lendir. Biasanya, *neutrofil* yang sudah tidak aktif akan dibersihkan oleh *makrofag* (sel pembersih tubuh). Namun, pada penderita bronkitis kronis atau PPOK, *neutrofil* cenderung mati secara tidak normal (nekrosis), melepaskan zat-zat beracun ke dalam saluran napas, termasuk *elastase* dan zat oksigen reaktif.

*Neutrofil* yang aktif juga mengeluarkan *TNF- $\alpha$* , yaitu zat yang memperkuat produksi lendir dengan meningkatkan aktivitas EGFR. *Enzim elastase* dari *neutrofil* juga membantu mengaktifkan zat lain (seperti *TGF- $\alpha$* ) yang memicu kerja EGFR. Selain itu, *elastase* juga membuat sel penghasil lendir (*sel goblet*) melepaskan lebih banyak lendir, yang membuat kondisi semakin parah.

Para peneliti percaya bahwa tingginya kadar musin menjadi penyebab utama terganggunya pengeluaran lendir dari paru-paru. Lendir normal terdiri dari 97% air dan 3% zat padat, termasuk *musin*, protein, dan sisa sel. Dua jenis musin yang utama adalah *MUC5AC* dan *MUC5B*. Pada penderita bronkitis kronis, produksi *MUC5B* meningkat karena kelenjar lendir di saluran napas

bertambah banyak. Sementara itu, asap rokok, zat peradangan seperti *interleukin-13*, polusi udara, infeksi virus, dan alergi merangsang peningkatan produksi *MUC5AC*. Peningkatan kadar *MUC5AC* dalam dahak perokok dikaitkan dengan gejala yang lebih berat, sering kambuh, dan penurunan fungsi paru-paru.

Penumpukan lendir yang berlebihan juga menyumbat saluran napas, terutama saat mengeluarkan napas (eksiprasi), karena lendir mengubah tekanan dalam saluran pernapasan dan membuatnya mudah kolaps. Lendir yang menumpuk juga tidak bisa dibersihkan dengan baik, sehingga menimbulkan infeksi dan peradangan yang berkelanjutan. Batuk kronis dan produksi dahak berlebih meningkatkan risiko PPOK, bahkan pada orang yang tidak merokok. Penelitian menunjukkan bahwa orang berusia di bawah 50 tahun dengan bronkitis kronis memiliki risiko lebih tinggi terkena PPOK dan mengalami kematian dini, meskipun mereka tidak mengalami gangguan aliran udara. Misalnya, paparan asap tembakau atau polusi udara memperburuk peradangan saluran napas dan disfungsi mukosa, yang selanjutnya mendorong pertumbuhan bakteri(Widysanto dkk., 2025).

## 5. Problematika

Beberapa problematika utama yang dihadapi pasien PPOK mencakup berbagai aspek. Gejala yang paling sering dialami pasien adalah sesak napas, yang biasanya menjadi keluhan pertama dan utama, terutama selama aktivitas fisik. Sesak napas ini disebabkan oleh hambatan aliran udara yang persisten, akibat kombinasi kerusakan parenkim paru dan gangguan saluran napas kecil. Selain sesak napas, gejala lain yaitu batuk kronis sering kali dengan atau tanpa

dahak, juga menjadi gejala awal yang umum. Pada tahap lanjut, batuk disertai sputum purulen sering menunjukkan adanya eksaserbasi. Pada kondisi PPOK fungsi diafragma sering terganggu akibat hiperinflasi paru, dan pasien cenderung mengandalkan otot pernapasan aksesoris seperti *scaleni*, *sternokleidomastoideus*, dan *pectoralis mayor*. Hal ini menyebabkan kelelahan otot, *spasme*, dan rasa nyeri di daerah dada, yang dapat menghambat latihan fisik.

## 6. Tanda dan gejala

PPOK dapat ditandai dengan gejala pernafasan seperti batuk berdahak, sesak nafas setelah beraktivitas, atau infeksi saluran pernafasan bawah yang bertahan lama ( $> 2$  minggu). Gejala yang terjadi dapat bertahan lama dan menyebabkan penurunan kualitas hidup pasien dengan PPOK (Rachmawati, 2020). Gejala yang paling sering terjadi pada pasien PPOK adalah sesak napas. Sesak napas juga biasanya menjadi keluhan utama pada pasien PPOK karena terganggunya aktivitas fisik akibat gejala ini. Sesak napas biasanya menjadi komplain ketika  $FEV_1 < 60\%$  prediksi. Pasien biasanya mendefinisikan sesak napas sebagai peningkatan usaha untuk bernapas, rasa berat saat bernapas, gasping, dan air hunger. Batuk bisa muncul secara hilang timbul, tapi biasanya batuk kronis adalah gejala awal perkembangan PPOK. Gejala ini juga biasanya merupakan gejala klinis yang pertama kali disadari oleh pasien. Batuk kronis pada PPOK bisa juga muncul tanpa adanya dahak (Nurfitriani, 2021).

## 7. Diagnosa banding

Diagnosa banding penyakit paru obstrukstif kronik terdiri dari

*a. Asma bronchial*

Asma adalah penyakit kronis pada saluran pernapasan yang membuat penderitanya mengalami sesak napas, batuk, nyeri dada, dan bunyi napas mengi. Gejala ini bisa muncul berulang-ulang dan biasanya membaik dengan sendirinya atau setelah diberi obat. Salah satu ciri utama asma adalah saluran napas menjadi sangat sensitif (*hiperresponsif*) terhadap berbagai pemicu seperti debu, udara dingin, asap, maupun aktivitas fisik. Menurut pedoman GINA (*Global Initiative for Asthma*), asma bisa menyerang semua umur, tetapi umumnya mulai terjadi sejak masa anak-anak (GINA, 2023).

Penyebab asma sangat beragam dan saling berkaitan antara faktor genetik dan lingkungan. Secara genetik, orang yang memiliki riwayat keluarga dengan alergi atau asma berisiko lebih tinggi mengalaminya. Di sisi lain, faktor lingkungan seperti asap rokok, debu rumah, tungau, polusi udara, serbuk sari, dan infeksi saluran pernapasan atas (seperti flu) juga sering memicu munculnya gejala. Bahkan, stres dan tekanan emosional juga bisa memperburuk kondisi penderita asma (Kim and Mazza, 2012).

Salah satu perbedaan utama dengan PPOK terletak pada usia munculnya gejala. Asma umumnya mulai diderita sejak usia anak-anak atau remaja, dan sering kali berkaitan dengan riwayat alergi atau atopi, seperti rinitis alergi atau eksim. Sebaliknya, PPOK biasanya muncul

pada usia dewasa, khususnya di atas 40 tahun, dan sangat erat hubungannya dengan kebiasaan merokok jangka panjang atau paparan polusi udara dalam waktu lama, termasuk asap industri dan asap dapur di rumah tangga (Chang, dkk., 2019).

**b. Bronkopneumonia**

*Bronkopneumonia* merupakan salah satu bentuk pneumonia yang paling umum, ditandai dengan adanya peradangan akut pada bronkiolus dan alveolus paru. Tidak seperti pneumonia lobaris yang menyerang satu lobus paru secara keseluruhan, *bronkopneumonia* menunjukkan pola lesi yang tersebar (*patchy consolidation*) di beberapa lobus paru. Kondisi ini sering berkembang sebagai komplikasi dari infeksi saluran pernapasan atas yang tidak tertangani dengan baik. *Bronkopneumonia* dapat menyerang segala usia, namun paling rentan dialami oleh bayi, lansia, serta individu dengan sistem imun yang lemah (Pahal, dkk., 2025).

Etiologi *bronkopneumonia* sangat bervariasi, tergantung pada lingkungan dan kondisi kesehatan pasien. Bakteri merupakan penyebab utama, dengan patogen tersering yaitu *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pneumoniae*, *Klebsiella pneumoniae*, serta *Pseudomonas aeruginosa*. Selain itu, virus seperti *influenza* dan *respiratory syncytial virus (RSV)* juga berperan, terutama pada anak-anak. Faktor risiko lainnya meliputi usia lanjut, malnutrisi, merokok, serta adanya penyakit kronis seperti *COPD* atau gagal jantung (Zade et al., 2023)

## 8. Komplikasi

Selain memburuknya fungsi paru-paru, berkembangnya PPOK, dan kematian karena segala sebab, bronkitis kronis dapat menyebabkan komplikasi tambahan termasuk: Kecemasan dan depresi, Asma, *Bronkiktasis*, Kematian, *Dispnea*, *Hemoptisis*, Meningkatnya risiko penyakit jantung, Meningkatnya kerentanan terhadap infeksi pernapasan (seperti *influenza*, *pneumonia*, dan flu biasa), Osteoporosis akibat imobilitas dan penggunaan *kortikosteroid*, *Pneumotoraks*, *Polisitemia*, dan Hipertensi paru (Widysanto dkk, 2025)

## B. Intervensi Fisioterapi

### 1. *Infrared (IR)*

Terapi *Infrared* merupakan terapi panas menggunakan sinar *Infrared* yang digunakan untuk pemanasan superfisial . *Infrared* didefinisikan sebagai salah satu jenis terapi pemanasan superfisial yang menggunakan mekanisme konversi panjang gelombang. Panjang gelombang yang digunakan dalam terapi *Infrared* adalah 7700 hingga 150,000 Angstroms. Sumber IR dapat berasal dari sinar matahari atau lampu *Infrared* buatan. Distribusi paling panas pada permukaan kulit dengan penurunan yang tajam dan kenaikan suhu yang tidak bermakna pada otot. Efek panas yang diharapkan melalui terapi panas menggunakan sinar *Infrared*, yaitu memperbaiki sirkulasi darah, meningkatkan metabolisme tubuh, meningkatkan produksi keringat yang dapat membantu membentuk eliminasi metabolit, meningkatkan efek *viskoelastik* pada jaringan kolagen, meningkatkan sirkulasi darah, dan membantu resolusi *infiltrasi* radang,

edema, dan eksudasi (Indriyani, 2021). Pada pasien PPOK, terapi IR ditujukan untuk mengurangi *spasme* otot yang membantu pernapasan (misalnya, *pectoralis major* dan *m. scaleni*) agar proses pernapasan menjadi lebih mudah (Indriyani, 2021).



Gambar 2. 4 *Infrared*  
Sumber : Philips (2025)

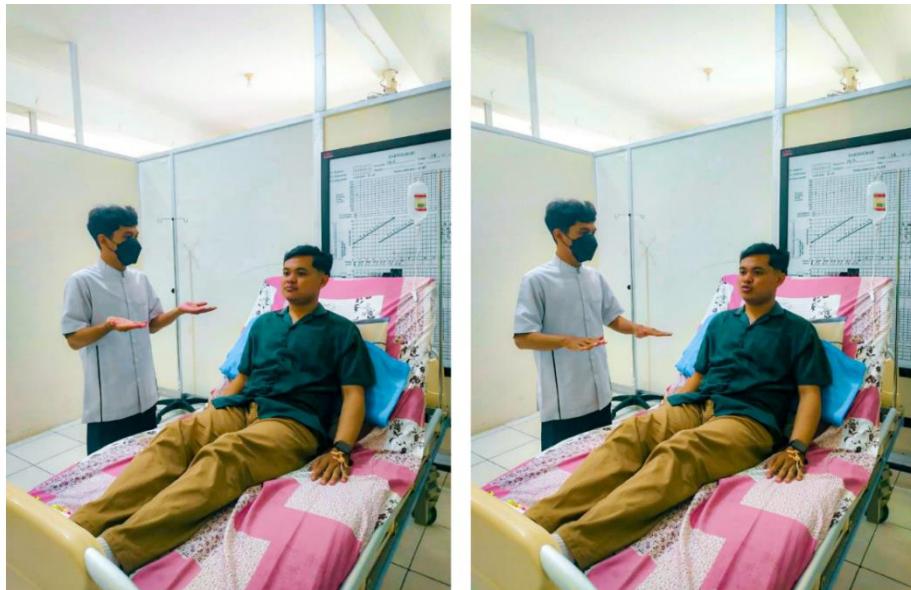
Pemberian *IR* dilakukan dengan posisi *prone lying* dengan diarahkan pada bagian dada dan punggung dengan jarak sejauh 35 cm karena jarak ini dinilai lebih efektif memberikan efek pada jaringan dan diberikan selama 10 menit sebelum dilakukannya terapi latihan *Pursed Lips Breathing*, selama proses berlangsung fisioterapis melakukan *monitoring*.

## 2. *Breathing exercise*

Latihan pernapasan adalah pendekatan yang umum digunakan untuk mengoreksi pernapasan disfungsional. Program pelatihan ulang pernapasan bertujuan untuk membantu penderita asma dalam kehidupan sehari-hari mereka atau ketika mengalami dispnea dengan mengajari mereka bernapas menggunakan pola pernapasan yang lebih baik. Protokol untuk pelatihan pernapasan biasanya memperhatikan volume tidal dan menit dan

mendorong relaksasi, latihan di rumah, modifikasi pola pernapasan, pernapasan hidung, menahan napas, dan pernapasan *costae* bawah dan perut (Indriyani, 2021).

Penulis menggunakan terapi latihan berupa *breathing exercise* dengan metode *pursed lips breathing*. *Pursed lip breathing* adalah latihan pernapasan dengan menghirup udara melalui hidung dan mengeluarkan udara dengan cara bibir lebih dirapatkan atau dimonyongkan dengan waktu ekshalasi lebih diperpanjang. Terapi rehabilitasi paru-paru dengan *pursed lips breathing* ini adalah cara yang sangat mudah dilakukan, tanpa memerlukan alat bantu apapun dan juga tanpa efek negatif seperti pemakaian obatobatan. Tujuan dari *pursed lips breathing* ini adalah untuk membantu memperbaiki transport oksigen, menginduksi pola napas lambat dan dalam, membantu pasien untuk mengontrol pernapasan, mencegah *kolaps* dan melatih otot-otot ekspirasi untuk memperpanjang ekshalasi dan meningkatkan tekanan jalan napas selama ekspirasi dan mengurangi jumlah udara yang terjebak (Endrianti, 2021)



Gambar 2.1 *Pursed Lips Breathing*

Sumber: Dokumentasi pribadi (kondisi diperagakan oleh model)

Langkah-langkah atau cara melakukan *pursed lips breathing* ini adalah dengan cara menghirup napas melalui hidung sambil menghitung sampai 3 seperti saat menghirup wangi bunga mawar. Hembuskan dengan lambat dan rata melalui bibir yang dirapatkan sambil mengencangkan otot-otot abdomen (Merapatkan bibir meningkatkan tekanan *intratrakeal*; menghembuskan melalui mulut memberikan tahanan lebih sedikit pada udara yang dihembuskan). Hitung hingga 7 sambil memperpanjang ekspirasi melalui bibir yang dirapatkan seperti saat sedang meniup lilin. Sambil duduk di kursi: Lipat tangan di atas abdomen, hirup napas melalui hidung sambil menghitung hingga 3, membungkuk ke depan dan hembuskan dengan lambat melalui bibir yang dirapatkan sambil menghitung hingga 7. Tahap mengerutkan bibir ini dapat memperpanjang ekshalasi, hal ini akan mengurangi udara ruang rugi yang terjebak di jalan napas, serta meningkatkan pengeluaran karbon dioksida dan menurunkan kadar karbon

dioksida dalam darah arteri serta dapat meningkatkan oksigen, sehingga akan terjadi perbaikan *homeostasis* yaitu kadar karbon dioksida dalam darah arteri normal dan pH darah juga akan menjadi normal (Windradini *et al.*, 2021). Pemberian *Pursed Lips Breathing* dilakukan dengan posisi duduk tegak dan diberikan selama 3 kali pengulangan setelah dilakukannya terapi *infrared*, sebelum melakukan *Pursed lips breathing* fisioterapis memberikan contoh kepada pasien, selama proses berlangsung fisioterapis melakukan *monitoring*. Dari penjelasan tersebut, ternyata pemberian *pursed lips breathing* dinilai efektif berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Windradini. Menurut peneliti, latihan pernapasan menggunakan teknik *pursed lips breathing* mampu mengoptimalkan pengembangan paru-paru melalui proses inspirasi dan ekspirasi yang dilakukan secara perlahan dan terkontrol. Hal ini memungkinkan oksigen masuk lebih banyak ke dalam paru-paru dan memperbaiki proses pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida secara lebih efisien, sehingga keluhan sesak napas dapat berkurang. Oleh karena itu, teknik ini dapat diterapkan baik di lingkungan rumah sakit maupun secara mandiri di rumah untuk meningkatkan status oksigenasi, terutama dalam menstabilkan pola pernapasan.

### C. Kerangka berfikir

