

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep ICU

2.1.1 Definisi ICU

Intensive Care Unit (ICU) merupakan unit rumah sakit yang dirancang untuk memberikan perawatan intensif bagi pasien yang mengalami kondisi medis kritis. Di ICU, pasien yang memerlukan pemantauan ketat atau perawatan lebih lanjut dengan teknologi medis canggih dapat menerima perawatan yang diperlukan. ICU berfungsi untuk mendukung fungsi vital pasien yang mengalami kegagalan organ atau kondisi yang mengancam nyawa, dengan tujuan utama mempertahankan stabilitas kondisi pasien serta mengurangi risiko terjadinya komplikasi yang dapat memperburuk keadaan klinis (Gutiérrez *et al.*, 2024).

2.1.2 Tujuan dan Fungsi ICU

ICU memiliki beberapa tujuan penting yang terkait langsung dengan perawatan pasien kritis. Tujuan utama ICU adalah memberikan perawatan medis yang intensif dan terkoordinasi, untuk memantau dan mengelola kondisi pasien yang sangat rentan. Di ICU, pasien yang mengalami gangguan pada fungsi vital, seperti kegagalan jantung atau pernapasan, akan menerima intervensi medis yang mendalam dan tepat waktu. Salah satu tujuan utama lainnya adalah untuk meningkatkan kemungkinan kesembuhan pasien dengan terapi berbasis bukti dan

pendekatan rehabilitasi, yang mencakup terapi fisik dan psikologis untuk mencegah komplikasi jangka panjang, seperti sindrom pasca ICU. Dengan pemantauan yang ketat dan terapi yang sesuai, ICU bertujuan untuk mencegah morbiditas jangka panjang yang sering kali dialami oleh pasien yang selamat dari kondisi kritis. Selain itu, ICU juga berfungsi untuk meminimalkan risiko *Ventilator associated events* (VAP) dan *Ventilator associated events* (VAE), yang dapat memperpanjang masa tinggal di ICU dan meningkatkan risiko komplikasi lebih lanjut (Liu *et al.*, 2024).

2.1.3 Fasilitas dan Peralatan di ICU

ICU dilengkapi dengan berbagai peralatan medis canggih untuk mendukung perawatan pasien yang sangat membutuhkan intervensi medis. Peralatan utama yang digunakan di ICU termasuk ventilator untuk mendukung pernapasan pasien yang tidak dapat bernapas sendiri, monitor hemodinamik untuk memantau tekanan darah, detak jantung, dan status oksigenasi pasien, serta berbagai alat medis lainnya seperti ECG monitor dan alat untuk pemantauan gas darah (Liu *et al.*, 2024). Dalam beberapa kasus, teknologi pemantauan yang cerdas untuk *Ventilator associated events* (VAE) juga digunakan untuk mendeteksi lebih awal kejadian-kejadian buruk yang terkait dengan ventilator. Sistem pemantauan ini memungkinkan tim medis untuk mendeteksi dengan cepat perubahan dalam kondisi pasien, seperti peningkatan kebutuhan oksigen atau tekanan ventilator, yang memungkinkan

intervensi lebih cepat dan meningkatkan kemungkinan kesembuhan pasien (Liu *et al.*, 2024).

2.1.4 Kondisi yang Membutuhkan Perawatan di ICU

Pasien yang dirawat di ICU biasanya menderita kondisi medis yang sangat parah, seperti kegagalan organ atau gangguan sistemik yang memerlukan perhatian medis segera. Salah satu kondisi yang sering menyebabkan pasien dirujuk ke ICU adalah kegagalan pernapasan, yang memerlukan ventilasi mekanik untuk memastikan pasokan oksigen yang cukup dalam tubuh. Selain itu, sepsis dan gagal ginjal juga merupakan kondisi umum yang memerlukan pengelolaan intensif di ICU (Reshia *et al.*, 2023). Dalam beberapa kasus, pasien dengan COVID-19 yang mengalami *Acute Respiratory Distress Syndrome* (ARDS) juga membutuhkan perawatan intensif, termasuk ventilasi mekanik yang ketat. Pada pasien dengan COVID-19, kondisi paru dapat sangat bervariasi, dan dalam beberapa kasus, memerlukan ventilator dengan pengaturan *positif end expiratory pressure* (PEEP) yang tinggi untuk mengoptimalkan oksigenasi (Meza *et al.*, 2021). Pada pasien seperti ini, pengelolaan ventilator yang hati-hati sangat diperlukan untuk menghindari komplikasi lebih lanjut seperti *Ventilator associated events* (VAP) atau *Ventilator associated events* (VAE) yang dapat memperburuk kondisi pasien (Tadesse *et al.*, 2024).

2.1.5 Perawatan dan Penanganan di ICU

Di ICU, berbagai intervensi medis diberikan untuk menangani pasien yang memerlukan ventilasi mekanik atau dukungan vital lainnya. Salah satu perawatan utama yang dilakukan di ICU adalah penggunaan ventilator untuk pasien yang mengalami kegagalan pernapasan. Ventilasi mekanik ini sangat penting untuk memastikan oksigenasi yang cukup bagi pasien, namun penggunaannya dapat menyebabkan *Ventilator Associated Events* (VAE), seperti *Ventilator Associated Events* (VAP). Untuk itu, manajemen ventilator yang tepat sangat penting untuk mencegah efek samping yang merugikan, termasuk pengaturan *positif end expiratory pressure* (PEEP) yang optimal dan fraksi oksigen terinspirasi (FiO_2) yang tepat (Perlaza *et al.*, 2024).

Di samping itu, ICU juga memberikan perawatan bagi pasien dengan kondisi seperti sepsis, gagal ginjal, atau gangguan jantung yang memerlukan terapi khusus. Salah satu tantangan terbesar di ICU adalah mencegah dan mengelola VAE yang dapat memengaruhi hasil perawatan, sehingga pemantauan secara teratur dan terapi berbasis bukti sangat penting untuk meningkatkan hasil jangka panjang pasien (Liu *et al.*, 2024).

2.2 Konsep Perawatan Pasien dengan Ventilator di ICU

2.2.1 Definisi Ventilator Mekanik

Ventilator mekanik merupakan perangkat medis yang dirancang untuk memberikan dukungan ventilasi maupun menggantikan fungsi ventilasi spontan pada pasien yang mengalami gangguan respirasi berat sehingga tidak mampu mempertahankan ventilasi yang adekuat secara mandiri. Ventilator ini bukanlah terapi definitif, melainkan lebih sebagai terapi suportif yang dirancang untuk mempertahankan pertukaran gas tubuh, terutama oksigenasi dan eliminasi karbon dioksida, hingga kondisi patologis yang mendasarinya dapat teratasi. Secara umum, penggunaan ventilator mekanik bertujuan untuk menjaga fungsi pernapasan pasien yang tidak dapat melakukan ventilasi secara spontan karena berbagai alasan, seperti penurunan kesadaran, kegagalan otot pernapasan, atau gangguan paru-paru (Hall dan Hall, 2025).

2.2.2 Tujuan Penggunaan Ventilator Mekanik

Ventilator mekanik dapat disetting untuk mengontrol volume udara yang masuk ke paru-paru, frekuensi pernapasan, serta tekanan udara yang dihasilkan dalam proses ventilasi. Meskipun alat ini sangat berguna untuk mendukung fungsi pernapasan, tujuan utamanya bukanlah untuk menjadi solusi jangka panjang, melainkan untuk menyediakan dukungan sementara sambil memungkinkan tubuh pasien pulih dari penyebab utama gangguan pernapasan.

1. Mempertahankan Ventilasi Alveolar

Ventilasi alveolar yang efektif diperlukan untuk membuang karbon dioksida (CO_2) dari tubuh. Pada pasien kritis, kemampuan ini sering terganggu karena penurunan kesadaran. Ventilator mekanik menggantikan fungsi otot pernapasan dengan menjaga volume dan frekuensi napas yang memadai sehingga pertukaran gas tetap berlangsung dan kadar PCO_2 dalam batas normal (Gutiérrez *et al.*, 2024). Namun, ventilator tidak selalu menjamin distribusi udara yang merata di paru-paru. Oleh karena itu, intervensi keperawatan seperti pemantauan berkelanjutan, mobilisasi, dan pengeluaran sekret tetap diperlukan untuk mendukung efektivitas ventilasi dan mencegah retensi CO_2 .

2. Mengoptimalkan Oksigenasi

Ventilator mekanik bertujuan meningkatkan oksigenasi dengan menaikkan kadar oksigen yang dihirup (FiO_2) dan tekanan alveolar. Hal ini membantu proses difusi oksigen ke dalam darah. Kendati demikian, gangguan seperti atelektasis dan ketidakseimbangan antara ventilasi dan perfusi dapat mengurangi efektivitasnya (Hall dan Hall, 2025). Di sini, peran perawat sangat penting untuk memaksimalkan oksigenasi, misalnya dengan mengatur posisi pasien (seperti terlentang atau miring) guna memperbaiki distribusi udara dan meningkatkan efisiensi pengambilan oksigen.

3. Membantu Eliminasi CO_2

Kecukupan eliminasi CO₂ mencerminkan efektivitas ventilasi alveolar. Pada pasien dengan ventilator, tingginya kadar PCO₂ dapat menandakan ventilasi yang tidak optimal meskipun pengaturan mesin sudah tepat. Faktor seperti penumpukan sekret, kolaps alveolus, atau distribusi udara yang tidak merata dapat menyebabkan hal ini (Gutiérrez *et al.*, 2024). Selain pengaturan ventilator, tindakan keperawatan seperti menjaga bersih jalan napas, mengeluarkan sekret, dan memobilisasi pasien berperan penting dalam mendukung eliminasi CO₂ secara efektif. Dengan demikian, keberhasilan proses ini memerlukan pendekatan terpadu antara dukungan mesin dan perawatan respirasi.

2.2.3 Karakteristik Pasien ICU dengan Ventilator Mekanik

Pasien yang dirawat di ICU dengan ventilator mekanik sering kali berada dalam kondisi ketidakstabilan fisiologis yang serius. Gangguan fungsi respirasi adalah masalah utama, yang mengarah pada ketidakmampuan sistem pernapasan untuk mempertahankan oksigenasi dan ventilasi alveolar yang adekuat. Selain itu, pasien dengan ventilator mekanik umumnya mengalami penurunan cadangan fisiologis yang dapat memperburuk kondisi klinis mereka. Ketergantungan terhadap ventilator ini sering kali mencerminkan kegagalan sistem pernapasan dalam mempertahankan fungsi dasar tubuh yang normal (Yang *et al.*, 2025).

Pasien-pasien ini juga sering kali berada dalam keadaan sedasi, dan penurunan refleks protektif jalan napas, yang memperburuk

kemampuan tubuh untuk membersihkan saluran napas dan mengelola sekresi. Kombinasi dari faktor-faktor ini meningkatkan risiko gangguan pertukaran gas dan komplikasi respirasi lebih lanjut. Oleh karena itu, perawatan untuk pasien ventilator ini harus berdasarkan pemahaman mendalam tentang fisiologi dan kompleksitas sistem tubuh yang terlibat (Ariyadi *et al.*, 2024).

2.2.4 Indikasi Penggunaan Ventilator Mekanik

1. Gagal Napas Hipoksemik dan Hiperkapnik

Gagal napas hipoksemik terjadi ketika paru tidak dapat mempertahankan kadar oksigen yang cukup dalam darah meskipun terapi oksigen sudah diberikan. Di sisi lain, gagal napas hiperkapnik ditandai oleh ketidakmampuan tubuh untuk mengeliminasi karbon dioksida (CO_2) secara efektif, yang mengarah pada peningkatan kadar PCO_2 .

Kedua kondisi ini adalah indikasi utama penggunaan ventilator mekanik, di mana ventilator akan membantu mempertahankan ventilasi alveolar yang adekuat, memastikan pertukaran gas berjalan dengan baik, dan mengoptimalkan oksigenasi serta eliminasi CO_2 pada pasien yang mengalami gangguan pernapasan yang berat (Ariyadi *et al.*, 2024).

2. Kelelahan Otot Pernapasan

Kelelahan otot pernapasan terjadi ketika otot-otot pernapasan tidak mampu bekerja secara efektif, yang mengarah pada penurunan ventilasi dan peningkatan PCO_2 . Pada pasien dengan kelelahan otot

pernapasan, ventilator mekanik digunakan untuk mengurangi beban kerja respirasi dan membantu mencegah kegagalan pernapasan yang progresif. Dengan mengalihkan sebagian beban kerja dari otot pernapasan ke ventilator, pasien dapat mendapatkan ventilasi yang memadai dan mempertahankan kadar CO₂ dalam batas normal (West dan Luks, 2020).

3. Penurunan Kesadaran dan Refleks Proteksi Jalan Napas

Penurunan tingkat kesadaran pada pasien menyebabkan hilangnya refleks batuk dan menelan, yang mengarah pada peningkatan risiko aspirasi dan obstruksi jalan napas. Dalam kondisi ini, ventilator mekanik digunakan untuk melindungi jalan napas dan memastikan bahwa ventilasi tetap terjaga dengan baik. Dengan demikian, ventilator membantu mengatasi gangguan proteksi jalan napas yang terjadi akibat penurunan kesadaran, yang sangat penting untuk mencegah komplikasi seperti aspirasi dan pneumonia aspirasi (Nadya *et al.*, 2020).

2.2.5 Dampak Penggunaan Ventilator Mekanik

Penggunaan ventilator mekanik adalah intervensi yang menyelamatkan nyawa bagi pasien yang mengalami gangguan pernapasan serius, tetapi juga menimbulkan dampak fisiologis yang signifikan pada sistem pernapasan. Dampak ini tidak hanya bersifat mekanis, tetapi juga mempengaruhi refleks protektif jalan napas, distribusi ventilasi perfusi, dan efektivitas pertukaran gas. Oleh karena

itu, penting bagi tenaga medis, khususnya perawat, untuk memahami dampak-dampak tersebut dan melakukan intervensi yang tepat.

1. Penurunan Refleks Batuk

Intubasi endotrakeal dan sedasi pada pasien ventilator dapat menurunkan atau menghilangkan refleks batuk, yang berfungsi untuk membersihkan saluran napas dari sekret dan partikel asing. Tanpa refleks ini, sekret tidak dapat dikeluarkan dengan efektif, meningkatkan risiko obstruksi jalan napas dan gangguan ventilasi alveolar (Hall dan Hall, 2025).

2. Retensi Sekret

Retensi sekret terjadi akibat penurunan refleks batuk dan imobilisasi. Ventilasi mekanik tidak dapat mengimbangi mekanisme bersihan jalan napas alami, menyebabkan sekret mengental dan meningkatkan resistensi jalan napas. Ini berpotensi menghambat aliran udara ke alveolus distal dan meningkatkan PCO₂ menunjukkan ventilasi alveolar yang tidak efektif (West dan Luks, 2020).

3. Penurunan Ekspansi Paru

Pada pasien yang menerima sedasi dan imobilisasi, ventilasi mekanik mengurangi variasi volume paru yang normal, menurunkan *compliance* paru, dan mengarah pada distribusi ventilasi yang tidak merata. Hal ini menyebabkan alveolus pada area dependen paru lebih rentan terhadap kolaps, yang mengurangi efektivitas oksigenasi dan menurunkan SpO₂ (Hall dan Hall, 2025).

4. Atelektasis

Atelektasis, atau kolapsnya alveolus, sering terjadi pada pasien dengan ventilator mekanik. Ini mengurangi luas permukaan pertukaran gas, meningkatkan *shunt intrapulmoner*, dan memperburuk hipoksemia serta retensi CO₂ jika tidak ditangani dengan baik (West dan Luks, 2020).

5. Gangguan Ventilasi Perfusi

Ketidakseimbangan ventilasi perfusi (*V/Q mismatch*) terjadi karena distribusi ventilasi yang tidak merata akibat atelektasis, retensi sekret, dan posisi tubuh pasien. Hal ini mengurangi efisiensi pertukaran gas, yang berkontribusi pada hipoksemia refrakter, dan perubahan dalam SpO₂ dan PCO₂ sering mencerminkan masalah distribusi ventilasi perfusi (Hall dan Hall, 2025).

6. Perubahan Nilai SpO₂ dan PCO₂

Dampak kumulatif ventilator mekanik terlihat pada perubahan SpO₂ dan PCO₂. Penurunan SpO₂ akibat atelektasis dan ketidakseimbangan V/Q, serta peningkatan PCO₂ menunjukkan ventilasi alveolar yang tidak efektif, meskipun pengaturan ventilator tampak optimal (West dan Luks, 2020).

2.2.6 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Respon Respirasi Pasien

Dengan Ventilator

Kecukupan oksigenasi tidak ditentukan oleh satu variabel tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi kompleks antara faktor respiratorik, kardiovaskular, hematologis, neurologis, dan lingkungan. (Hall dan Hall, 2025) menegaskan bahwa kegagalan oksigenasi pada manusia hampir selalu bersifat multifaktorial, terutama pada kondisi penyakit akut dan kritis, ketika mekanisme kompensasi fisiologis mengalami keterbatasan (Hall dan Hall, 2025).

1. Faktor Usia

Usia merupakan faktor yang memengaruhi kemampuan tubuh dalam mempertahankan oksigenasi yang adekuat, baik pada usia dewasa (18–60 tahun) maupun lansia (>60 tahun), dengan risiko yang umumnya lebih tinggi pada kelompok lansia. Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan fungsi sistem paru dan kardiovaskular yang dapat mengurangi cadangan fisiologis tubuh dalam memenuhi kebutuhan oksigenasi. Pada pasien usia lanjut, kemampuan tubuh untuk beradaptasi terhadap perubahan oksigenasi selama penggunaan ventilator mekanik juga cenderung lebih terbatas, sehingga lebih rentan mengalami gangguan oksigenasi dan komplikasi terkait ventilator (Hall dan Hall, 2025).

2. Faktor Komorbid

Komorbiditas merupakan kondisi medis yang muncul bersamaan dengan penyakit utama dan dapat memengaruhi kondisi

kesehatan pasien secara keseluruhan. Pada pasien yang dirawat di *Intensive Care Unit* (ICU) dan menggunakan ventilator mekanik, keberadaan komorbiditas dapat memengaruhi status oksigenasi dan ventilasi, termasuk perubahan nilai saturasi oksigen (SpO_2) dan tekanan parsial karbon dioksida (PCO_2). Komorbiditas juga dapat memperburuk kondisi fisiologis pasien, meningkatkan risiko komplikasi, memperpanjang lama perawatan, serta memengaruhi keberhasilan terapi respirasi yang diberikan (Hall dan Hall, 2025).

Beberapa komorbiditas yang umum ditemukan pada pasien ICU meliputi penyakit jantung stabil, gagal ginjal kronis stabil, diabetes melitus, efusi pleura, dan infeksi saluran pernapasan seperti bronkitis (Hall dan Hall, 2025). Kondisi tersebut dapat menyebabkan gangguan pertukaran gas, penurunan compliance paru, peningkatan produksi sekret, serta perubahan perfusi jaringan yang berdampak terhadap nilai SpO_2 dan PCO_2 pasien.

Pada pasien ventilator mekanik, komorbiditas perlu diperhatikan sebelum pemberian *Chest Physiotherapy Bundle*. Beberapa kondisi yang menjadi kontraindikasi meliputi gagal organ multipel, ARDS berat, pneumotoraks, sepsis, peningkatan tekanan intrakranial, trauma spinal, gangguan kardiovaskular berat, dan alergi terhadap terapi *Nebulizer*. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pasien tidak toleran terhadap intervensi fisioterapi dada dan berisiko mengalami perburukan kondisi klinis apabila tindakan tetap

diberikan. Oleh karena itu, pengkajian kondisi klinis pasien penting dilakukan sebelum intervensi diberikan.

3. Jenis Kelamin

Perbedaan anatomi dan hormonal antara laki-laki dan perempuan dapat memengaruhi kapasitas paru, respons kardiovaskular, serta kemampuan adaptasi terhadap stres fisiologis. Laki-laki umumnya memiliki volume paru lebih besar, sedangkan perempuan cenderung memiliki volume paru lebih kecil, sehingga respons terhadap ventilasi mekanik dan gangguan oksigenasi dapat berbeda. Oleh karena itu, perbedaan jenis kelamin perlu dipertimbangkan sebagai faktor yang memengaruhi respons fisiologis pasien selama penggunaan ventilator mekanik (Hall dan Hall, 2025).

4. Lama Rawat

Lama perawatan di ICU berhubungan dengan peningkatan risiko kelemahan otot pernapasan, infeksi nosokomial, paparan ventilasi mekanik yang lebih lama, serta imobilisasi yang dapat menyebabkan penurunan fungsi paru, retensi sekret, dan gangguan sirkulasi (Hermans & Van den Berghe, 2024). Akibatnya, pasien dengan lama rawat lebih panjang cenderung mengalami penurunan ventilasi alveolar, gangguan bersihan jalan napas, dan perubahan parameter fisiologis (Hall & Hall, 2025). Dalam penelitian ini, kriteria lama rawat ditetapkan >72 jam karena intervensi *Chest physiotherapy Bundle* (Nebulizer, postural drainage, percussion

/clapping, vibration , dan suction) diberikan selama tiga hari berturut-turut; pasien dengan lama rawat kurang dari 72 jam umumnya masih berada pada fase akut stabilisasi sehingga respons terhadap intervensi belum dapat diamati secara optimal.

5. Tingkat Kesadaran

Tingkat kesadaran mencerminkan kemampuan pasien merespons rangsangan verbal, motorik, dan refleks. Pada pasien ICU dengan ventilator mekanik, tingkat kesadaran sering menurun akibat sedasi, hipoksia, dan penyakit kritis. Penurunan kesadaran menyebabkan gangguan kontrol jalan napas dan koordinasi otot pernapasan, sehingga batuk menjadi tidak efektif dan sekret mudah menumpuk. Kondisi ini menurunkan ventilasi alveolar dan mengganggu pertukaran gas, yang dapat memicu perubahan tingkat SpO₂ dan PCO₂, serta ketidakstabilan respirasi yang ditunjukkan oleh peningkatan frekuensi napas (RR) sebagai respons terhadap hipoksemia (Liu et al., 2024).

6. Penurunan Refleks Batuk

Salah satu konsekuensi dari intubasi endotrakeal dan penggunaan sedasi pada pasien ventilator adalah penurunan atau hilangnya refleks batuk. Refleks batuk berfungsi untuk membersihkan saluran napas dari sekret dan partikel asing melalui peningkatan tekanan intratorakal dan aliran udara ekspirasi yang kuat. Ketika refleks ini terganggu, sekret tidak dapat dikeluarkan dengan efektif, yang menyebabkan akumulasi sekret di jalan napas.

Kondisi ini meningkatkan risiko obstruksi jalan napas dan gangguan ventilasi alveolar, yang dapat mengarah pada peningkatan retensi karbon dioksida dan penurunan oksigenasi jaringan (Hall dan Hall, 2025).

7. Kelemahan otot Pernafasan

Otot pernapasan, terutama diafragma, dapat mengalami penurunan fungsi pada pasien yang menggunakan ventilator mekanik akibat imobilisasi, sedasi, dan atrofi akibat tidak terpakai (*ventilator-induced diaphragmatic dysfunction*) (Hall & Hall, 2025). Kelemahan otot ini mengurangi kemampuan ventilasi spontan dan meningkatkan ketergantungan pada ventilator. Sebagai kompensasi, tubuh meningkatkan frekuensi napas dan denyut jantung untuk menjaga oksigenasi. Selain itu, penurunan kekuatan otot pernapasan mengurangi efektivitas batuk, membuat pengeluaran sekret lebih sulit, yang pada gilirannya meningkatkan risiko gangguan oksigenasi dan perubahan dalam status respirasi.

8. Lama Penggunaan Ventilator Mekanik

Penggunaan ventilator mekanik dalam jangka panjang dapat memperburuk status oksigenasi pasien, meskipun ventilator telah diatur dengan pengaturan yang optimal. Ventilasi yang tampak memadai secara klinis belum tentu menjamin oksigenasi yang efektif, terutama pada pasien yang memerlukan ventilasi dalam waktu lama. Penurunan efisiensi ventilasi seiring berjalannya waktu dapat

menyebabkan akumulasi CO₂ dan hipoksemia yang lebih parah, memperburuk prognosis pasien (West dan Luks, 2020).

9. Akumulasi Sekret

Akumulasi sekret adalah masalah yang sering terjadi pada pasien yang menggunakan ventilator mekanik, terutama pada mereka yang tidak dapat mengeluarkan sekret secara efektif. Ventilasi mekanik dengan tekanan positif tidak mensimulasikan mekanisme pembersihan jalan napas secara fisiologis, sehingga sekret dapat mengental dan terakumulasi. Retensi sekret ini meningkatkan resistensi jalan napas, menghambat aliran udara ke alveolus distal, dan memperburuk ventilasi alveolar yang pada gilirannya dapat meningkatkan PCO₂, meskipun pengaturan ventilator sudah optimal (Nascimento *et al.*, 2025).

10. Sedasi

Sedasi yang diberikan kepada pasien dengan ventilator mekanik memiliki dampak besar terhadap oksigenasi. Penggunaan sedatif mengurangi kemampuan pasien untuk mempertahankan ventilasi spontan dan menurunkan refleks protektif jalan napas, yang meningkatkan risiko aspirasi dan obstruksi jalan napas. Dalam beberapa kasus, sedasi berlebihan dapat mengurangi kemampuan tubuh untuk membersihkan jalan napas dari sekret, memperburuk masalah ventilasi dan oksigenasi (Hall dan Hall, 2025).

11. Atelektasis

Atelektasis atau kolapsnya alveolus adalah komplikasi umum pada pasien dengan ventilator mekanik. Hal ini sering disebabkan oleh retensi sekret, penurunan ekspansi paru, dan distribusi ventilasi yang tidak merata. Atelektasis mengurangi luas permukaan yang tersedia untuk pertukaran gas, yang menyebabkan peningkatan shunt intrapulmoner dan memperburuk hipoksemia. Penanganan yang tidak tepat terhadap atelektasis dapat memperburuk retensi CO₂ dan mengarah pada gangguan oksigenasi yang lebih signifikan (West dan Luks, 2020).

2.3 Fisiologi Kebutuhan Oksigenasi

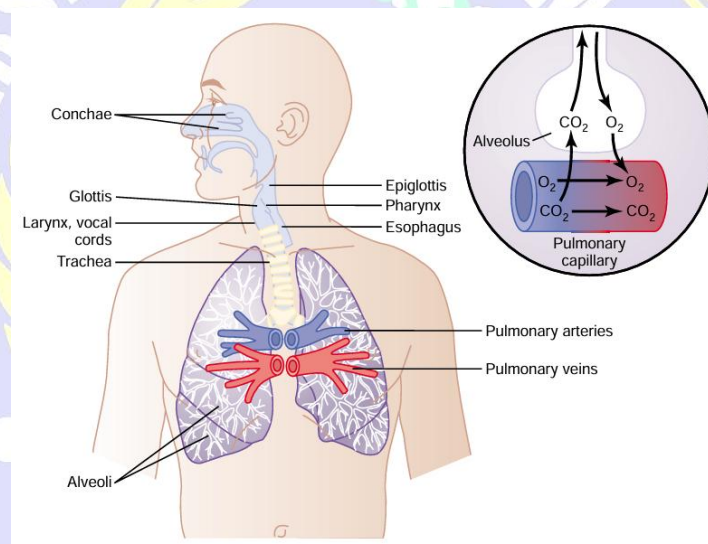
2.3.1 Definisi Kebutuhan Oksigenasi

Kebutuhan oksigenasi adalah kebutuhan dasar vital yang berkaitan dengan kemampuan tubuh untuk mendapatkan oksigen dari lingkungan, mengangkutnya melalui sirkulasi, dan menggunakannya di tingkat jaringan. Oksigen berperan penting dalam respirasi seluler sebagai akseptor elektron dalam rantai transpor elektron mitokondria, yang menghasilkan energi berupa *Adenosina Trifosfat* (ATP). Kekurangan oksigen, baik secara absolut maupun relatif, mengganggu metabolisme aerobik dan memaksa sel beralih ke metabolisme anaerob, yang menghasilkan asam laktat, asidosis metabolik, dan disfungsi organ (Hall dan Hall, 2025). Dalam keperawatan, kebutuhan oksigenasi dipahami sebagai hasil dari proses fisiologis kompleks yang melibatkan

sistem pernapasan dan kardiovaskular, dengan gangguan oksigenasi sering bersifat multifaktorial, terutama pada pasien kritis.

2.3.2 Sistem Respirasi dan Pertukaran Gas

Sistem pernapasan manusia terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem pernapasan atas dan sistem pernapasan bawah. Sistem pernapasan atas mencakup hidung, rongga hidung, faring, dan laring, yang berfungsi untuk memanaskan, melembapkan, dan menyaring udara yang masuk. Sedangkan sistem pernapasan bawah meliputi trakea, bronkus, bronkiolus, dan alveolus, yang merupakan tempat utama pertukaran gas.



Gambar 2. 1 Sistem Pernapasan Bawah (Guyton dan Hall, 2006)

1. Trakea

Trakea berfungsi sebagai jalur konduksi utama yang menghubungkan laring dengan bronkus, memastikan kontinuitas aliran udara menuju paru-paru. Keberadaan cincin tulang rawan berbentuk huruf C berperan penting dalam mempertahankan patensi lumen trakea sepanjang siklus respirasi, sekaligus memungkinkan

fleksibilitas struktural selama proses ventilasi. Secara histologis, mukosa trakea dilapisi oleh epitel bersilia yang bekerja bersama mukus sebagai bagian dari sistem pembersihan mukosilier untuk mengeliminasi partikel asing dan sekret dari saluran napas.

Menurut Rani (2022) dalam buku anatomi fisiologi tubuh manusia, mengemukakan bahwa disfungsi mekanisme mukosilier, sebagaimana sering dijumpai pada pasien dengan ventilasi mekanik atau kondisi imobilisasi berkepanjangan, dapat memicu penumpukan sekret yang meningkatkan hambatan aliran udara serta risiko terjadinya obstruksi jalan napas (Rani *et al.*, 2022).

2. Bronkus

Bronkus merupakan kelanjutan percabangan trakea yang berfungsi menyalurkan udara ke masing-masing paru serta ke setiap lobus paru. Arsitektur percabangan bronkial yang progresif memungkinkan distribusi udara secara luas dan relatif merata ke seluruh jaringan paru. Namun, kompleksitas struktur ini sekaligus meningkatkan kerentanan terhadap terjadinya obstruksi, terutama akibat proses inflamasi atau akumulasi sekret pada kondisi patologis (Hall dan Hall, 2025).

Sebagaimana dijelaskan dalam (Khadijah *et al.*, 2020), obstruksi pada bronkus akan mengganggu pola distribusi ventilasi dan berkontribusi terhadap terjadinya ketidakseimbangan ventilasi perfusi, yang pada akhirnya berdampak pada penurunan efisiensi pertukaran gas.

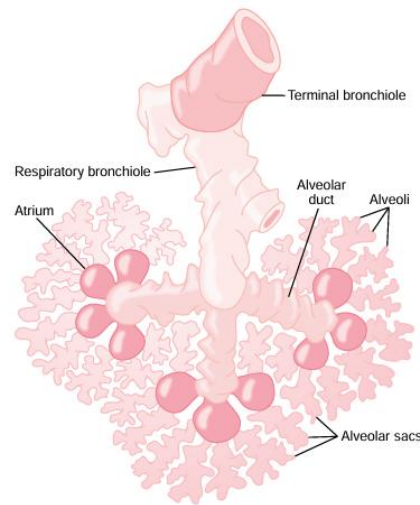
3. Bronkiolus

Bronkiolus merupakan saluran napas distal berdiameter kecil yang tidak disokong oleh struktur tulang rawan, sehingga memiliki peran sentral dalam pengaturan aliran udara melalui mekanisme bronkokonstriksi dan bronkodilatasi. Variasi kecil pada diameter bronkiolus dapat menghasilkan perubahan yang bermakna terhadap resistensi jalan napas, mengingat hubungan nonlinier antara radius lumen dan aliran udara.

Menurut Rani (2022) dalam buku anatomi fisiologi tubuh manusia, mengemukakan bahwa terjadinya spasme atau proses inflamasi pada bronkiolus mampu menurunkan ventilasi alveolar secara signifikan, meskipun secara makroskopis jaringan paru tampak tidak mengalami kelainan struktural, sehingga gangguan ventilasi sering kali bersifat fungsional dan sulit terdeteksi pada pemeriksaan anatomi kasar (Rani *et al.*, 2022).

4. Alveolus

Alveolus merupakan unit fungsional fundamental paru-paru yang menjadi lokasi utama terjadinya pertukaran gas respiratorik. Dinding alveolus yang sangat tipis, tersusun atas sel alveolar tipe I dan tipe II, memungkinkan terjadinya difusi oksigen dan karbon dioksida secara optimal melintasi membran alveolo kapiler. Sel alveolar tipe II berperan penting dalam sintesis surfaktan, yang berfungsi menurunkan tegangan permukaan dan mempertahankan stabilitas alveoli selama siklus ventilasi.



Gambar 2. 2 Pulmonary Alveolus (Guyton dan Hall, 2006).

Menurut Rani (2022) mengemukakan bahwa gangguan pada integritas struktural alveolus, baik akibat proses inflamasi, kolaps alveolar, maupun kerusakan membran difusi akan menghambat proses pertukaran gas dan secara langsung menurunkan efisiensi oksigenasi darah (Rani *et al.*, 2022).

Sistem respirasi berfungsi sebagai saluran utama pertukaran gas antara tubuh dan lingkungan. Fungsi respirasi mencakup ventilasi, difusi gas, dan perfusi darah paru yang saling bergantung. Kegagalan oksigenasi biasanya disebabkan oleh gangguan pada integrasi ketiga proses ini, bukan hanya satu mekanisme tunggal (Hall dan Hall, 2025). Pada pasien kritis, cadangan fisiologis paru menurun, sehingga gangguan kecil pada salah satu proses dapat menyebabkan hipoksemia yang signifikan.

1. Ventilasi

Ventilasi adalah proses pergerakan udara ke dalam paru yang memungkinkan oksigen mencapai alveolus. Ventilasi alveolar yang memadai penting untuk tekanan oksigen alveolar (PCO_2) dan oksigenasi darah arteri. Penurunan ventilasi alveolar, baik karena obstruksi, depresi pusat pernapasan, atau kelelahan otot pernapasan, dapat menyebabkan retensi CO_2 dan penurunan oksigen alveolar. Ventilasi yang tampak adekuat secara klinis tidak selalu menjamin oksigenasi yang optimal (Hall dan Hall, 2025).

2. Difusi

Difusi gas terjadi di membran alveolus kapiler yang memungkinkan pertukaran oksigen dan CO_2 . Oksigen berdifusi dari alveolus ke darah sesuai gradien tekanan, sedangkan CO_2 bergerak sebaliknya. Gangguan difusi sering kali tidak terlihat meskipun ventilasi normal, namun oksigenasi darah tetap rendah. Oleh karena itu, pemantauan oksigenasi objektif seperti SpO_2 dan analisis gas darah sangat penting pada pasien ICU (Hall dan Hall, 2025).

3. Perfusi

Perfusi adalah aliran darah melalui kapiler paru untuk memungkinkan oksigenasi darah. Oksigenasi optimal memerlukan keseimbangan antara ventilasi dan perfusi. Ketidaksesuaian ventilasi perfusi (V/Q mismatch) menyebabkan

hipoksemia pada pasien gangguan pernapasan dan kardiovaskular. Gangguan perfusi sering dipengaruhi oleh faktor sistemik seperti penurunan curah jantung atau vasokonstriksi, sehingga intervensi oksigen saja tidak selalu memperbaiki oksigenasi jaringan (Hall dan Hall, 2025).

2.3.3 Proses Pertukaran Gas (O₂ dan CO₂)

Pertukaran gas oksigen dan karbon dioksida terjadi di alveolus, yaitu struktur kecil di paru-paru yang memungkinkan gas-gas ini berpindah antara udara di alveolus dan darah dalam kapiler paru. Oksigen masuk ke dalam darah melalui difusi, mengikuti gradien konsentrasi dari alveolus ke kapiler, dan setelah itu terikat pada hemoglobin dalam sel darah merah untuk diedarkan ke seluruh tubuh. Sebaliknya, karbon dioksida yang dihasilkan oleh sel-sel tubuh sebagai produk sampingan metabolisme dibawa oleh darah menuju paru-paru, kemudian dipindahkan dari darah ke alveolus untuk dikeluarkan melalui pernapasan. Faktor yang mempengaruhi proses pertukaran gas meliputi ketebalan dan luas membran alveolokapiler, yang semakin tipis dan luas akan meningkatkan efisiensi pertukaran gas. Selain itu, rasio ventilasi dan perfusi (V/Q) yang seimbang sangat penting untuk memastikan oksigenasi darah yang optimal dan penghilangan CO₂ (Hall dan Hall, 2025).

Perbedaan konsentrasi gas oksigen dan karbon dioksida antara alveolus dan darah memungkinkan difusi gas yang efisien, di mana

oksigen yang mencapai alveolus akan ditranspor ke jaringan terutama melalui ikatan dengan hemoglobin. Proses ini sangat dipengaruhi oleh kadar hemoglobin, afinitas hemoglobin terhadap oksigen, serta kondisi asam-basa darah. Dengan demikian, oksigenasi jaringan tidak hanya berkaitan dengan fungsi paru, tetapi juga erat kaitannya dengan fungsi darah dan sistem sirkulasi (West dan Luks, 2020)..

Di sisi lain, karbon dioksida sebagai produk metabolisme sel harus dieliminasi secara efisien untuk menjaga keseimbangan asam-basa tubuh, karena retensi CO_2 dapat menyebabkan asidosis respiratorik, yang jika tidak ditangani dengan baik, dapat memperburuk kondisi klinis pasien kritis (Hall dan Hall, 2025).

2.3.4 Jenis Kekurangan Oksigen dalam Tubuh

Kekurangan oksigen atau hipoksia adalah kondisi patologis yang dapat terjadi melalui berbagai mekanisme fisiologis. Setiap tipe hipoksia menunjukkan pola perubahan SpO_2 dan PCO_2 yang berbeda, yang memerlukan pendekatan klinis yang spesifik. Kegagalan oksigenasi sering kali tidak hanya disebabkan oleh rendahnya kadar oksigen darah, tetapi juga oleh gangguan dalam transportasi, distribusi, atau pemanfaatan oksigen di tingkat jaringan (Hall dan Hall, 2025).

1. Hipoksia Hipoksemik

Hipoksia hipoksemik terjadi ketika tekanan oksigen darah arteri menurun, yang tercermin dalam penurunan SpO_2 . Penyebab utamanya meliputi gangguan ventilasi, difusi, atau ketidaksesuaian

ventilasi-perfusi. Pada tipe ini, PCO_2 bisa tetap normal, menurun, atau meningkat, tergantung pada mekanismenya. Misalnya, pada gangguan difusi atau *mismatch* V/Q, PCO_2 sering kali normal karena karbon dioksida lebih mudah berdifusi dibanding oksigen, yang menunjukkan bahwa penurunan SpO_2 bisa terjadi tanpa perubahan PCO_2 yang signifikan (Hall dan Hall, 2025).

2. Hipoksia Anemik

Hipoksia anemik terjadi ketika darah tidak dapat mengangkut oksigen secara efektif, meskipun kadar oksigen dalam darah normal. Dalam kondisi ini, SpO_2 mungkin tetap normal karena mengukur saturasi hemoglobin, bukan jumlah total oksigen yang diangkut. PCO_2 biasanya tetap normal karena ventilasi alveolar tidak terganggu. Tipe ini menekankan bahwa SpO_2 tidak cukup untuk menilai oksigenasi jaringan, dan perlu pengukuran tambahan seperti kadar hemoglobin untuk menilai perfusi jaringan (Hall dan Hall, 2025).

3. Hipoksia Stagnan (Sirkulatorik)

Hipoksia stagnan terjadi akibat penurunan aliran darah ke jaringan, seperti pada gagal jantung atau syok. Meskipun oksigen darah arteri normal, distribusinya ke jaringan tidak memadai, yang menyebabkan hipoksia jaringan. Pada fase awal, SpO_2 dan PCO_2 mungkin normal, namun karena aliran darah lambat, jaringan mengeluarkan oksigen lebih banyak, menyebabkan hipoksia jaringan meskipun oksigen darah cukup (Hall dan Hall, 2025).

4. Hipoksia Histotoksik

Hipoksia histotoksik terjadi ketika sel tubuh tidak dapat memanfaatkan oksigen dengan efektif meskipun oksigen dan aliran darah tersedia. Kondisi ini bisa disebabkan oleh keracunan atau gangguan metabolisme seluler. Pada tipe ini, SpO_2 dan PCO_2 biasanya normal karena ventilasi, difusi, dan *transport* oksigen tidak terganggu. Namun, kegagalan penggunaan oksigen di tingkat sel menyebabkan penurunan produksi energi dan peningkatan metabolisme anaerob, yang menunjukkan bahwa oksigenasi juga tergantung pada kemampuan sel untuk menggunakan oksigen secara efektif (Hall dan Hall, 2025).

2.4 Konsep Saturasi Oksigen (SpO_2) dan Tekanan Parsial Karbon Dioksida (PCO_2)

2.4.1 Definisi Saturasi Oksigen (SpO_2)

SpO_2 (Saturasi Oksigen) adalah persentase oksigen yang terikat pada hemoglobin dalam darah. Pengukuran SpO_2 sangat penting dalam menilai oksigenasi tubuh dan sering digunakan untuk memantau pasien dengan gangguan pernapasan, khususnya yang menggunakan ventilator. SpO_2 memberikan gambaran tingkat oksigen yang tersedia di darah dan jaringan tubuh (Hall dan Hall, 2025).

2.4.2 Mekanisme Pengukuran (SpO_2)

Pengukuran SpO_2 dilakukan menggunakan alat yang disebut *pulse oximeter*. Alat ini berfungsi untuk mengukur tingkat oksigenasi darah secara non invasif. *Oximeter* bekerja dengan mengirimkan cahaya merah dan inframerah melalui kulit (biasanya di jari atau telinga) dan mengukur jumlah cahaya yang diserap oleh darah. Perbandingan antara dua panjang gelombang cahaya yang diserap digunakan untuk menghitung persentase hemoglobin yang terikat oksigen (Rani *et al.*, 2022).

2.4.3 Nilai Normal dan Abnormal SpO_2

Nilai normal SpO_2 berkisar antara 95% hingga 100%. Nilai yang lebih rendah dari 90% menunjukkan hipoksemia, yang dapat memerlukan intervensi medis seperti pemberian oksigen atau ventilasi mekanik pada pasien dengan ventilator. Jika SpO_2 terus turun di bawah nilai ini, maka penurunan oksigenasi jaringan dapat terjadi, yang berisiko menyebabkan gangguan fungsi organ vital (Khadijah *et al.*, 2020).

2.4.4 Definisi Tekanan Parsial Karbon Dioksida (PCO_2)

Tekanan Parsial Karbon Dioksida (PCO_2) adalah ukuran konsentrasi karbon dioksida dalam darah. PCO_2 yang diukur melalui analisis gas darah memberikan informasi penting mengenai kemampuan tubuh untuk mengeluarkan CO_2 , yang merupakan produk sampingan metabolisme sel. Kadar CO_2 yang tinggi dalam darah dapat menunjukkan kegagalan ventilasi atau gangguan pertukaran gas (Hall dan Hall, 2025).

2.4.5 Mekanisme Regulasi CO₂ dalam Tubuh

Regulasi CO₂ dilakukan oleh sistem pernapasan dan ginjal. Sistem pernapasan mengatur pengeluaran CO₂ dengan meningkatkan laju pernapasan ketika kadar CO₂ dalam darah meningkat. Ginjal berperan dengan mengatur ekskresi ion hidrogen dan reabsorpsi bikarbonat untuk membantu mempertahankan keseimbangan asam-basa tubuh (Dr.Hastuti dan Dr.Alang, 2020).

2.4.6 Nilai Normal dan Abnormal PCO₂

Nilai normal PCO₂ dalam darah arteri berkisar antara 35-45 mmHg. Jika PCO₂ lebih tinggi dari 45 mmHg, ini menunjukkan hiperkapnia, yang sering terjadi pada pasien dengan ventilasi yang tidak memadai atau gangguan pertukaran gas. Sebaliknya, kadar PCO₂ yang lebih rendah dari 35 mmHg menunjukkan hipokapnia, yang sering kali terjadi pada pasien yang mengalami hiperventilasi (Khadijah *et al.*, 2020).

2.5 Konsep *Chest Physiotherapy Bundle*

2.5.1 Definisi *Chest Physiotherapy Bundle*

Chest Physiotherapy Bundle adalah intervensi nonfarmakologis yang digunakan untuk membantu pasien membersihkan jalan napas, meningkatkan ventilasi paru, dan mengoptimalkan pertukaran gas. Tujuan utama dari *Chest physiotherapy Bundle* adalah untuk membantu eliminasi sekret yang terperangkap di paru-paru, memperbaiki ekspansi

paru, serta mencegah kolaps alveolus (Maylinda et al., 2025). Teknik ini dilakukan melalui berbagai pendekatan mekanis dan manual yang disesuaikan dengan kondisi pasien. Dalam konteks keperawatan kritis, *Chest physiotherapy Bundle* memiliki peran yang sangat penting, tidak hanya untuk kenyamanan pasien, tetapi juga untuk meningkatkan status oksigenasi dan ventilasi, yang tercermin dalam perubahan signifikan pada parameter seperti SpO_2 dan PCO_2 . Oleh karena itu, *Chest physiotherapy Bundle* tidak hanya merupakan prosedur terapeutik, tetapi juga berperan langsung dalam proses perawatan yang berbasis fisiologi respirasi (Al-jubari dan Baez, 2025).

2.5.2 Teknik *Chest Physiotherapy Bundle*

Chest Physiotherapy Bundle terdiri dari beberapa teknik yang saling melengkapi, yang dipilih berdasarkan kondisi klinis pasien, tingkat kesadaran, serta kemampuan batuk pasien. Setiap teknik memiliki tujuan tertentu dan berperan dalam memaksimalkan perawatan pasien dengan ventilator mekanik atau mereka yang mengalami gangguan pernapasan serius.

1. *Nebulizer*

Nebulizer digunakan untuk mengantarkan obat-obatan dalam bentuk aerosol halus, memungkinkan obat mencapai saluran napas bawah langsung (Hall dan Hall, 2025).. Dalam *Chest Physiotherapy Bundle*, *Nebulizer* bukanlah intervensi yang berdiri sendiri, melainkan pendukung yang bertujuan mengoptimalkan

efektivitas teknik lainnya, khususnya dalam mobilisasi sekret dan perbaikan ventilasi alveolar (Maylinda et al., 2025). Obat yang biasanya digunakan dalam *Nebulizer* , seperti bronkodilator atau mukolitik, berfungsi untuk melebarkan bronkus dan mengencerkan sekret, menciptakan kondisi yang lebih kondusif untuk dilakukan *Postural drainage*, *Percussion* , *Vibration* , dan *Suctioning* . Dalam praktik ICU, *Nebulizer* sering diberikan sebelum *Chest Physiotherapy Bundle* untuk memaksimalkan respons paru terhadap teknik-teknik tersebut (Maylinda et al., 2025).

2. *Postural drainage*

Postural drainage adalah teknik yang memanfaatkan gravitasi untuk membantu mengalirkan sekret dari saluran napas perifer ke bronkus besar. Dengan posisi tubuh yang tepat, sekret dapat lebih mudah dikeluarkan, yang sangat penting untuk mengurangi penumpukan sekret yang menyebabkan obstruksi jalan napas dan gangguan ventilasi alveolar. Namun, pada pasien dengan kondisi hemodinamik yang tidak stabil, seperti pasien dengan tekanan darah rendah atau peningkatan tekanan intrakranial, teknik ini harus dilakukan dengan hati-hati. Perubahan posisi ekstrem dapat memperburuk kondisi pasien, sehingga diperlukan penilaian menyeluruh sebelum intervensi dilakukan (Al-jubari dan Baez, 2025).

3. *Percussion*

Perkusi dilakukan dengan cara memberikan tepukan ritmik pada dinding dada pasien menggunakan tangan atau alat khusus. Tujuannya adalah untuk melonggarkan sekret yang menempel pada dinding bronkus, sehingga lebih mudah dikeluarkan. Teknik ini meningkatkan tekanan intratorakal, yang membantu memecah sekret dan memungkinkan aliran udara yang lebih efektif untuk mengeluarkannya, biasanya dilakukan selama fase ekspirasi. (Darma *et al.*, 2024).

4. *Vibration*

Vibration dilakukan dengan memberikan getaran lembut pada dinding dada pasien, yang bertujuan untuk membantu sekret bergerak lebih mudah menuju saluran napas yang lebih besar. *Vibration* dilakukan selama fase ekspirasi dan berfokus pada pengurangan viskositas sputum, sehingga sekret bisa dipindahkan dengan lebih mudah. *Vibration* bertujuan untuk melunakkan sekret dan mempermudah pergerakannya. (Darma *et al.*, 2024).

5. *Suctioning*

Suctioning adalah teknik penghisapan sekret dari jalan napas besar, yang sering dilakukan pada pasien dengan ventilator mekanik (Hall dan Hall, 2025).. Teknik ini merupakan tahap akhir dari *Chest Physiotherapy Bundle* untuk mengeluarkan sekret yang sudah dimobilisasi melalui teknik lain. Meskipun efektif, *Suctioning* adalah prosedur invasif yang dapat menyebabkan

penurunan SpO₂ dan fluktuasi PCO₂ sementara. Oleh karena itu, *Suctioning* harus dilakukan dengan hati-hati dan hanya ketika benar-benar diperlukan. Teknik ini meskipun bermanfaat, harus dipertimbangkan dalam konteks intervensi keperawatan yang lebih luas (Elysyah & Fridalni, 2024).

2.5.3 Mekanisme Kerja *Chest Physiotherapy Bundle*

Chest Physiotherapy Bundle bekerja melalui beberapa mekanisme untuk meningkatkan fungsi pernapasan dan oksigenasi pasien:

1. Mobilisasi Sekret

Salah satu mekanisme utama *Chest Physiotherapy Bundle* adalah pemecahan dan pemindahan sekret dari saluran napas kecil menuju saluran napas besar. Pengeluaran sekret ini membantu mengurangi obstruksi jalan napas, menurunkan resistensi aliran udara, dan mencegah terjadinya atelektasis, yang merupakan penyebab umum penurunan ventilasi alveolar pada pasien kritis. Dengan mengurangi hambatan di jalan napas, *Chest Physiotherapy Bundle* memungkinkan aliran udara yang lebih lancar, memperbaiki oksigenasi tubuh (Al-jubari & Baez, 2025).

2. Peningkatan Ventilasi Alveolar

Teknik *Chest Physiotherapy Bundle* yang efektif membuka alveolus yang kolaps dan mengurangi obstruksi jalan napas, yang meningkatkan ventilasi alveolar. Peningkatan ventilasi ini secara langsung memperbaiki tekanan parsial oksigen alveolar dan

mempercepat difusi oksigen ke dalam kapiler paru. Ini tercermin dalam peningkatan SpO₂ dan memberikan oksigenasi yang lebih baik bagi jaringan tubuh yang membutuhkan (Hall & Hall, 2025).

3. Perbaikan Rasio Ventilasi Perfusi

Ketidakseimbangan ventilasi perfusi (*V/Q mismatch*) adalah masalah yang sering menyebabkan hipoksemia pada pasien ICU. *Chest Physiotherapy Bundle* membantu memperbaiki distribusi ventilasi di paru-paru sehingga lebih seimbang dengan perfusi. Hal ini membantu meningkatkan oksigenasi darah dan mempercepat eliminasi karbon dioksida, yang sangat penting dalam meningkatkan keseimbangan asam-basa dan memperbaiki status klinis pasien (Hall dan Hall, 2025).

2.5.4 Pengaruh *Chest Physiotherapy Bundle* pada Oksigenasi

1. Peningkatan SpO₂

Penelitian menunjukkan bahwa *Chest Physiotherapy Bundle* dapat meningkatkan SpO₂ secara signifikan, terutama pada pasien yang mengalami retensi sekret atau hipoventilasi alveolar. Teknik-teknik seperti *Postural drainage*, *Percussion*, dan *Vibration* membantu membuka jalan napas, memperbaiki ventilasi paru, dan akhirnya meningkatkan saturasi oksigen dalam darah (Chrisnawati *et al.*, 2024).

2. Penurunan PCO₂

Terjadinya peningkatan ventilasi alveolar dan mengurangi *dead space* fungsional, *Chest Physiotherapy Bundle* mempercepat

pengeluaran CO₂ dari tubuh. Penurunan PCO₂ paling terlihat pada pasien dengan hipoventilasi atau retensi CO₂, di mana *Chest Physiotherapy Bundle* membantu memperbaiki keseimbangan asam-basa respiratorik dan mempercepat proses pengeluaran gas (Hall dan Hall, 2025).

3. Pencegahan Komplikasi Paru

Selain memperbaiki parameter gas darah, *Chest Physiotherapy Bundle* juga berperan penting dalam mencegah komplikasi paru seperti atelektasis, pneumonia akibat ventilator, dan penumpukan sekret kronis. Dengan mencegah kondisi-kondisi ini, *Chest Physiotherapy Bundle* tidak hanya meningkatkan hasil klinis pasien, tetapi juga mengurangi lama rawat inap di ICU dan meningkatkan keselamatan pasien secara keseluruhan (Al-jubari dan Baeez, 2025).

2.6 Evidence Based Nursing (EBN)

Tabel 2. 1 Evidence Based Nursing (EBN)

Penulis/ Judul/ tahun	Tujuan Penelitian	Method (desain penelitian, jumlah dan kriteria sampel, alat ukur/ instrument, analisis)	Hasil Penelitian	Rekomendasi/ komentar
Penulis : Elysyah. Judul : Pengaruh Pemberian Fisioterapi Dada dan <i>Suctioning</i> terhadap Status Respiratorik Tahun : 2024	Mengetahui pengaruh fisioterapi dada dan <i>Suctioning</i> terhadap status respiratorik.	Desain: Quasi experiment (pretest–posttest) Populasi: Pasien ICU Sampel: 30 pasien, dan menambah jumlah sampel sebesar 10%. Teknik sampling: Non-probability sampling Instrumen: Observasi AGD dan saturasi oksigen Analisa data: uji normalitas <i>Shapiro wilk</i> dan Independent T-test	1. Setelah dilakukan fisioterapi dada dan suction 2 kali sehari (pagi dan sore) selama 3 hari, adanya peningkatan signifikan pada status respiratorik pasien. 2. Saturasi oksigen (SpO ₂) meningkat dari 91,57% menjadi 99,32% dengan nilai p-value 0,000, yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan. 3. Nilai PCO ₂ (48mmHg), menurun PCO ₂ (41 mmHg), menunjukkan perbaikan signifikan pada status oksigenasi. 4. PCO ₂ menunjukkan nilai p=0,007	Menyarankan kepada kepada pihak RSUP Dr. M Djamil Padang agar dapat meningkatkan dan mengoptimalkan pemberian intervensi fisioterapi dada dan <i>Suctioning</i> dalam upaya peningkatan Status Respiratorik pada pasien di Ruang Intensive Care Unit (ICU) RSUP Dr. M Djamil Padang sesuai dengan Stansar Operasional (SOP) yang ada

			($p < 0,05$), yang juga mengindikasikan pengaruh positif pemberian intervensi. 5. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemberian fisioterapi dada dan <i>Suctioning</i> memiliki pengaruh terhadap status respiratorik antar kelompok intervensi di ruang ICU RSUP Dr. M Djamil Padang pada tahun 2024.	
Penulis: Arifin Judul : <i>The Effectiveness of Chest Physiotherapy for Pneumonia Patients with Ineffective Airway Clearance</i> Tahun:	Untuk mengetahui efektivitas penerapan intervensi fisioterapi dada dalam mengatasi masalah pembersihan jalan napas yang tidak efektif pada pasien di ICU.	Desain: Studi kasus keperawatan Populasi: Pasien ICU dengan pneumonia Sampel: 1 pasien Teknik sampling: Case study Instrumen: Observasi RR, SpO₂, bunyi napas Analisa data: Analisis deskriptif	1. Fisioterapi dada dilakukan dengan durasi 20-30 menit per pertemuan. Pelaksanaan fisioterapi dada dilakukan selama 3 hari berturut-turut dan dilakukan dua kali sehari. untuk mengurangi tambahan bunyi napas ronki, mengurangi frekuensi pernapasan, dan membantu mengeluarkan sekret.	Sebagai rekomendasi, penting untuk memperluas cakupan penelitian dengan melibatkan populasi yang lebih beragam, agar hasil studi dapat lebih generalizable. Penggunaan sampel yang lebih representative. Selain itu, perlu dilakukan replikasi studi di berbagai setting dan lokasi geografis untuk

2024			2. Nilai SpO ₂) meningkat dari 95% menjadi 98% di hari ke-3 yang menunjukkan adanya pengaruh signifikan.	memastikan hasil yang lebih konsisten dan dapat diterapkan pada populasi yang lebih besar.
Penulis : Yunus Judul : PENGARUH FUNGSI FISIOTERAPI DADA PADA PASIEN PENURUNAN KESADARAN YANG TERPASANG VENTILASI MEKANIK TERHADAP PERUBAHAN SATURASI OKSIGEN DI RUANG ICU RSUD DR. M.M DUNDA LIMBOTO Tahun :	Untuk mengetahui Pengaruh Fungsi Fisioterapi Dada Pada Pasien Penurunan Kesadaran Yang Terpasang Ventilasi Mekanik Terhadap Perubahan Saturasi Oksigen Di Ruang ICU RSUD Dr. M.M. Dunda Limboto.	Desain Penelitian : Kuantitatif, pra-eksperimental dengan desain pre-post test. Populasi : Pasien ICU dengan penurunan kesadaran yang terpasang ventilasi mekanik di RSUD Dr. M.M. Dunda Limboto selama April-September 2024 (67 orang). Sampel : 18 responden, menggunakan purposive sampling. Teknik Sampling : Purposive sampling (tri angkulasi) Instrumen : Lembar observasi penilaian saturasi oksigen (normal $\geq 95\%$ -100%, tidak normal $< 95\%$). Analisa Data: Analisis univariat (distribusi frekuensi	1. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan kadar saturasi oksigen dengan nilai sebelum dilakukan fisioterapi dada dengan nilai 88%-94%, setelah dilakukan fisioterapi dengan nilai 94%-98.7%. 2. Fisioterapi dada dilakukan selama 3 hari, meliputi postural drainage, clapping, dan vibrasi selama 5-10 menit, dilakukan 8-12 jam sekali, diikuti suction pada area ETT dan oral, efektif dalam perbaikan meningkatkan saturasi oksigen dan dapat dijadikan sebagai intervensi keperawatan	Sebagai rekomendasi, disarankan untuk menggunakan desain penelitian dengan kelompok kontrol untuk meningkatkan validitas temuan. Selain itu, memperbesar ukuran sampel akan meningkatkan kekuatan statistik dan generalisasi hasil. Penerapan blinding dan randomisasi juga perlu dipertimbangkan untuk mengurangi potensi bias, terutama bias observasi, guna memperoleh hasil yang lebih objektif dan dapat diandalkan.

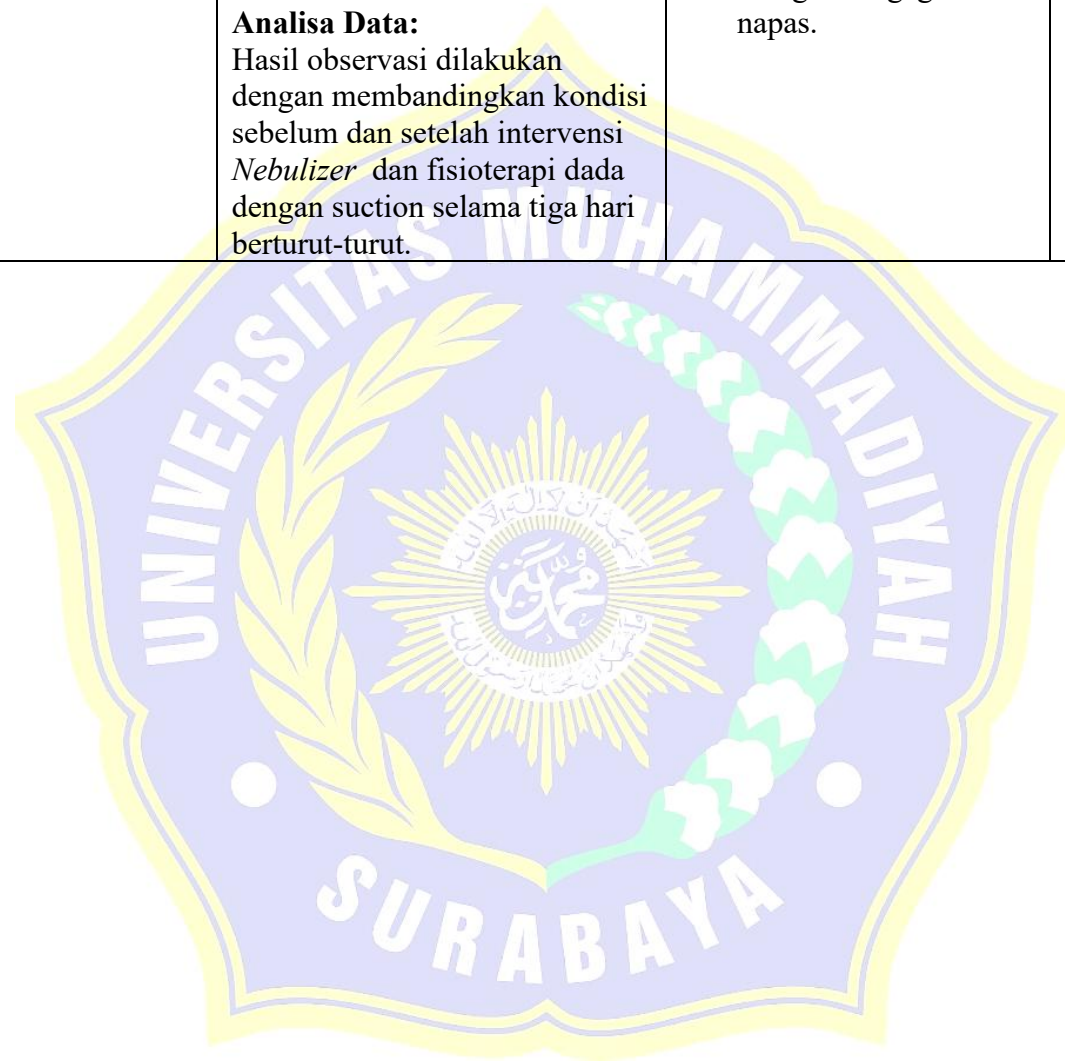
2025		dan persentase), bivariat (uji Wilcoxon signed rank test non-parametrik).	non - farmakologis yang mudah diterapkan pada pasien dengan penurunan kesadaran	
Penulis : Abdeen Judul : <i>Acute Effect of Chest Physical Therapy on Arterial Blood Gases for Mechanical Ventilated Patients.</i> Tahun : 2020	Untuk mengidentifikasi efek akut fisioterapi dada terhadap gas darah arteri pada pasien yang menerima ventilasi mekanis.	Desain: Quasi-experimental (one group pre-post test). Populasi: Pasien terpasang ventilator mekanik di ICU Cairo University Hospitals (tidak disebutkan jumlah total). Sampel: 60 pasien (33 laki-laki, 27 perempuan), usia 40-60 tahun. Teknik Sampling: Non-probability purposive sampling. Instrumen: <i>Arterial blood sample analysis</i> menggunakan GEM Premier 3000 device untuk mengukur pH, PaO₂, SaO₂, PaCO₂, HCO₃. Analisa Data: Paired t-test untuk perbandingan pre-post; descriptive statistics (mean, SD).	- Hasil penelitian menunjukkan Nilai rata-rata PaCO₂ sebelum dan sesudah studi masing-masing adalah 50,45 ±11,1 dan 46,73±9,59. Terjadi penurunan yang signifikan (p<0,001). Persentase penurunannya adalah 7,9% - Protokol fisioterapi dada meliputi meliputi manual hyperinflation (20 cmH₂O, 8-13 breaths/min, 5 menit), mechanical vibration (5 menit), percussion (5 menit), limb exercises (15 menit), <i>Suctioning</i> , dan ending position (30 menit), merupakan metode yang efektif	Sebagai rekomendasi, penelitian sebaiknya melibatkan kelompok kontrol untuk perbandingan yang lebih valid. Desain eksperimental dengan randomisasi akan mengurangi potensi bias dari intervensi tunggal. Selain itu, penting untuk menyebutkan durasi follow-up yang jelas untuk menilai efek jangka panjang dari intervensi yang diberikan.

			untuk meningkatkan gas darah arteri pada pasien yang menerima ventilasi mekanis secara akut.	
Penulis : Putu Surya Darma Judul : Penerapan Fisioterapi Dada Dan Batuk Efektif Terhadap Saturasi Oksigen Pasien PPOK Di Ruang Paru RSUD Jend. Ahmad Yani Metro. Tahun : 2024	Untuk meningkatkan saturasi oksigen pasien PPOK menggunakan fisioterapi dada dan batuk efektif di Ruang Paru RSUD Jend. Ahmad Yani Metro.	Desain: Studi kasus (case study). Populasi: Pasien PPOK di Ruang Paru RSUD Jend. Ahmad Yani Metro. Sampel: 2 pasien PPOK dengan penurunan saturasi oksigen. Teknik Sampling: <i>Purposive sampling</i>. Instrumen: Pulse oximetry dan lembar observasi. Analisa Data: Analisis deskriptif (frekuensi, persentase, mean).	- Hasil penelitian ini menunjukkan nilai saturasi oksigen sebelum diberikan intervensi terapi fisioterapi dada dan batuk efektif adalah 91% meningkat menjadi 96%-97% setelah diberikan terapi fisioterapi dada dan batuk efektif. - Fisioterapi dada dan batuk efektif dilakukan 2 kali sehari selama 3 hari - Berdasarkan hasil peningkatan saturasi maka penerapan fisioterapi dada dan batuk efektif dapat meningkatkan saturasi oksigen pada pasien PPOK. Sebelum penerapan	Sebagai rekomendasi, sebaiknya menggunakan desain longitudinal atau eksperimental untuk menilai kausalitas. Penggunaan randomisasi dapat mengurangi potensi bias, sementara teknik pengumpulan data yang lebih objektif dapat mengurangi bias self-report. Selain itu, memperluas cakupan penelitian ke beberapa kota akan meningkatkan generalisasi hasil temuan.

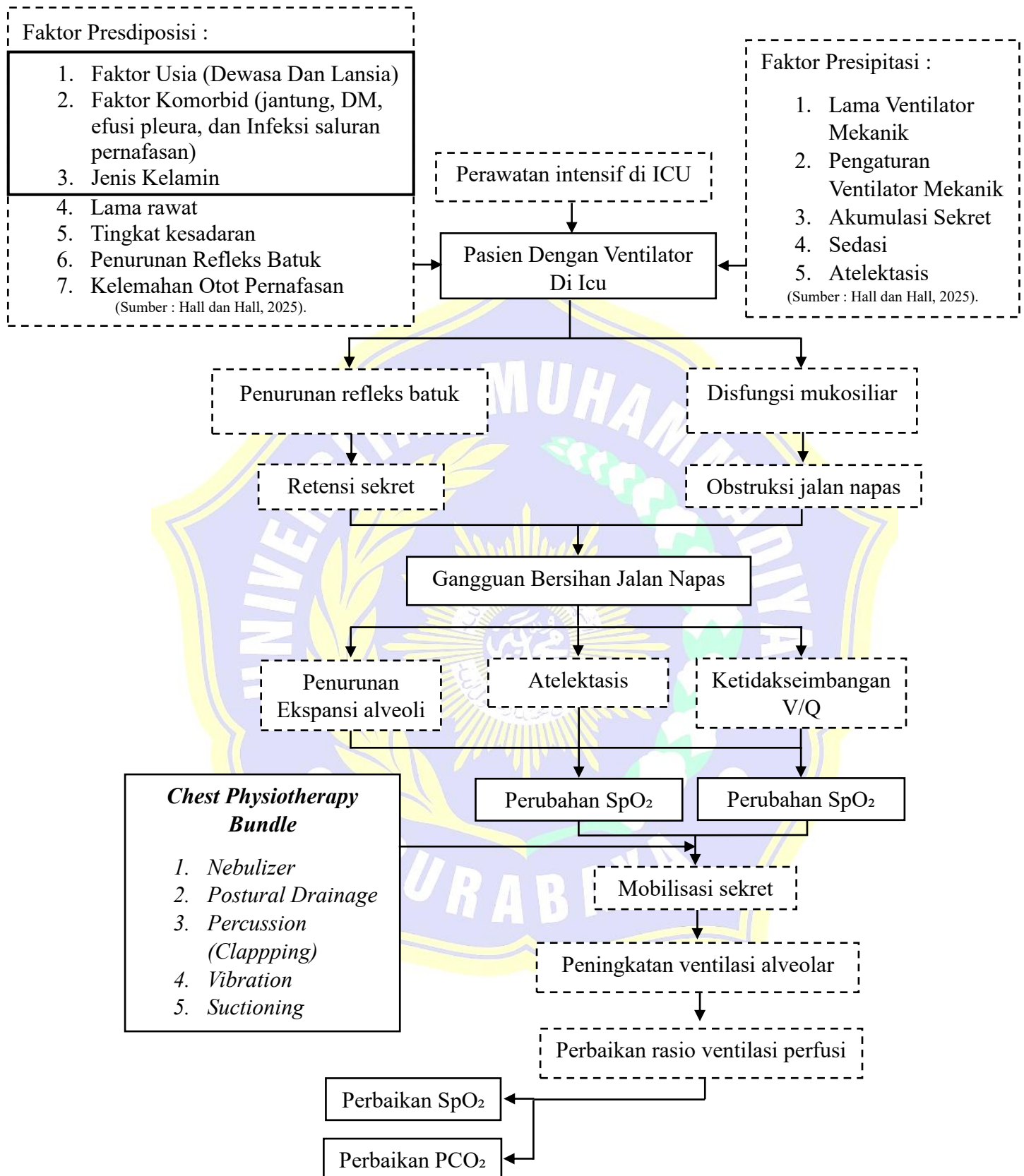
Penulis : Budi Ariyadi Judul : Pengaruh Fisioterapi Dada Menggunakan Teknik Clapping Dan Vibrasi Terhadap Saturasi Oksigen Pasien Kritis Di ICU. Tahun : 2024	Mengetahui pengaruh fisioterapi dada menggunakan teknik clapping dan vibrasi terhadap saturasi oksigen pasien kritis di ICU RS Bakti Timah.	Desain: Quasi-experimental (one group pretest-posttest) dan tidak ada control. Populasi: Pasien kritis di ICU RS Bakti Timah, Bangka Belitung. Sampel: 19 pasien kritis. Teknik Sampling: <i>Purposive sampling.</i> Instrumen: Pulse oximetry. Analisa Data: Paired t-test; descriptive (mean, SD).	- Hasil penelitian menyebutkan bahwa ada pengaruh Saturasi Oksigen terhadap pasien kritis yang terpasang ventilator di ruang ICU dilihat dari peningkatan nilai saturasi yang sebelum diberikan intervensi 89%-91% menjadi 98%-100% ,serta penangannya sesuai dan setandar SOP Rumah Sakit Bakti Timah Tahun 2023. - Dengan nilai p-value = $0,000 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh fisioterapi dada menggunakan teknik clapping dan vibrasi terhadap saturasi oksigen pasien kritis di ICU Rumah Sakit Bakti Timah Tahun 2023.	Sebagai rekomendasi, penelitian sebaiknya mencakup kelompok kontrol untuk perbandingan yang lebih valid. Ukuran sampel yang lebih besar akan meningkatkan kekuatan statistik dan keakuratan temuan. Penggunaan desain eksperimental dengan randomisasi juga perlu dipertimbangkan untuk mengurangi potensi bias observasi, sehingga hasil penelitian lebih dapat diandalkan.
Penulis : Mayllinda	Untuk mengevaluasi	Design Penelitian : Case Report	Pemberian kolaborasi <i>Nebulizer</i> dan	Diharapkan peneliti untuk mengeksplorasi

Judul : Efektivitas Kombinasi <i>Nebulizer</i> Dan Fisioterapi Dada Dengan Open Suction Pada Tn. M Dengan Gagal Napas Terpasang Endotracheal Tube Terhadap Bersihan Jalan Napas Di Salah Satu Rumah Sakit Swasta Yogyakarta: Case Report Tahun : 2024	efektivitas kombinasi <i>Nebulizer</i> dan fisioterapi dada dengan suction terhadap bersihan jalan napas pada pasien gagal napas yang terpasang endotracheal tube (ETT) di ruang ICU.	Populasi : Penelitian dilakukan pada pasien lansia yang mengalami gagal napas, terpasang ETT, dengan retensi sputum dan bronkopneumonia. Pasien tidak mengalami peningkatan tekanan intrakranial (TIK), trauma servikal, tulang rusuk, atau tulang belakang. Sampel : Sampel dipilih harus memenuhi kriteria : 1. Pasien tidak mengalami peningkatan tekanan intrakranial (TIK), 2. Pasien tidak mengalami trauma servikal, tulang rusuk, atau tulang belakang. Teknik Sampling : Penelitian ini menggunakan non-probability sampling, lebih tepatnya purposive sampling. Instrument : penilaian bersihan jalan nafas.	fisioterapi dada dengan suction dilakukan selama 3 hari. fisioterapi dada dilakukan selama 15 menit dan suction 15 detik dengan memperhatikan respirasi rate, heart rate, saturasi oksigen, dan tekanan darah. 2. Hasil penelitian menunjukkan nilai saturasi oksigen (dari 95% menjadi 100%) dan penurunan produksi sputum (dari ±30cc pada hari pertama menjadi ±10cc pada hari ketiga). 3. Kombinasi <i>Nebulizer</i> dan fisioterapi dada dengan suction terbukti efektif dalam meningkatkan bersihan jalan napas pada pasien dengan endotracheal tube yang	efek jangka panjang dari intervensi ini serta memperluas sampel untuk meningkatkan validitas hasil. Intervensi ini juga dapat diterapkan pada pasien dengan retensi sputum pasca- operasi atau kondisi gagal napas lainnya, dengan memperhatikan pemantauan kondisi vital pasien selama prosedur.
---	--	---	---	--

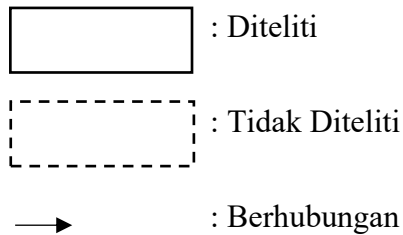
		Analisa Data: Hasil observasi dilakukan dengan membandingkan kondisi sebelum dan setelah intervensi <i>Nebulizer</i> dan fisioterapi dada dengan suction selama tiga hari berturut-turut.	mengalami gagal napas.	
--	--	---	------------------------	--



2.5 Kerangka Teori



Keterangan :



Gambar 2. 3 Kerangka Konseptual

Penjelasan :

Perawatan intensif di ICU sangat krusial, terutama untuk pasien yang memerlukan ventilator mekanik untuk mendukung pernapasan (Battaglini *et al.*, 2020). Meskipun ventilasi mekanik menyelamatkan nyawa, penggunaan jangka panjang dapat menyebabkan komplikasi seperti retensi sekret, penurunan ekspansi alveoli, dan ketidakseimbangan ventilasi perfusi (Hall dan Hall, 2025). Pasien dengan ventilator sering menunjukkan penurunan SpO₂ (hipoksemia) dan peningkatan PCO₂ (kesulitan mengeliminasi CO₂), yang memperburuk ventilasi dan oksigenasi (Al-jubari dan Baez, 2025).

Beberapa faktor predisposisi, seperti usia, penyakit penyerta, jenis kelamin, serta penurunan refleks batuk, dan faktor presipitasi seperti lama penggunaan ventilator, pengaturan ventilator, akumulasi sekret, sedasi, dan atelektasis, meningkatkan risiko masalah pernapasan (Hall & Hall, 2025). Penurunan refleks batuk dan disfungsi muskular menyebabkan retensi sekret yang mengarah pada gangguan bersihan jalan napas yang dapat menurunkan oksigenasi dan meningkatkan kadar CO₂, yang memperburuk ventilasi (Arifin & Yunanto, 2024). Gangguan ini mengakibatkan akumulasi karbon dioksida dan penurunan oksigenasi tubuh.

Ketika pasien dengan ventilator mengalami gangguan bersihan jalan napas, seperti retensi sekret yang disebabkan oleh penurunan refleks batuk dan disfungsi mukosiliar, hal ini dapat menyebabkan obstruksi jalan napas yang lebih lanjut (Hall dan Hall, 2025). Atelektasis (kolaps alveolus) sering terjadi akibat obstruksi, yang mengurangi area permukaan paru untuk pertukaran gas dan memperburuk oksigenasi, yang mengurangi ekspansi alveoli, bersama dengan ketidakseimbangan ventilasi-perfusi (V/Q) yang disebabkan oleh atelektasis dan gangguan bersihan jalan napas mengurangi saturasi oksigen dan meningkatkan kadar karbon dioksida, menyebabkan penurunan oksigenasi dan memperburuk kemampuan pertukaran gas di paru-paru (Gutiérrez *et al.*, 2024).

Perubahan SpO₂ dan PCO₂ menjadi indikator utama masalah pernapasan pada pasien ventilator (Ariyadi *et al.*, 2024). Untuk mengatasi masalah tersebut, dilakukan intervensi *Chest Physiotherapy Bundle*, yang mencakup teknik seperti *Percussion*, *Vibration*, *Postural drainage*, *Suctioning*, dan *Nebulizer*, terbukti efektif dalam meningkatkan ventilasi alveolar, oksigenasi, dan mengurangi PCO₂ (Yunus *et al.*, 2025). Intervensi bertujuan untuk membantu meningkatkan ventilasi alveolar, memperbaiki oksigenasi, serta mengurangi PCO₂, yang pada akhirnya berperan penting dalam memperbaiki status oksigenasi pasien dengan meningkatkan SpO₂ dan memperbaiki ventilasi perfusi, sehingga mempercepat pemulihan dan mengurangi risiko komplikasi lebih lanjut (Elysyah & Fridalni, 2024).

2.7 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

1. H_1 : Terdapat pengaruh pemberian *Chest Physiotherapy Bundle* terhadap peningkatan nilai SpO_2 dan penurunan nilai PCO_2 pada pasien dengan ventilator mekanik di ruang ICU.
2. H_0 : Tidak terdapat pengaruh pemberian *Chest Physiotherapy Bundle* terhadap nilai SpO_2 dan PCO_2 pada pasien dengan ventilator mekanik di ruang ICU.

