

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Pasien *Intensive Care Unit* (ICU) dengan Ventilasi Mekanik

2.1.1 Definisi *Intensive Care Unit* (ICU)

Intensive Care Unit (ICU) adalah suatu bagian dari rumah sakit yang mandiri, dengan staf yang khusus dan perlengkapan yang khusus, yang ditujukan untuk observasi, perawatan, dan terapi pasien-pasien yang menderita penyakit, cedera, atau penyulit-penyulit yang mengancam nyawa (Mark et al., 2020). Ruang perawatan intensif (ICU) ialah sebuah ruangan yang memberikan perawatan kepada pasien dalam kondisi kritis. ICU memiliki peralatan medis yang lengkap serta mendukung perawatan pasien dalam kondisi kritis mengancam nyawa (Kemenkes RI, 2020). Perawatan intensif menitik beratkan pada pemantauan hemodinamik berkelanjutan untuk mendeteksi dini terjadinya kegagalan sistem tubuh (Morton et al., 2023).

2.1.2 Definisi Ventilasi Mekanik

Ventilator mekanik adalah perangkat medis yang memberikan atau membantu pertukaran udara pada pasien melalui kontrol tekanan, volume, atau frekuensi napas. Alat ini dapat digunakan secara invasif melalui *endotracheal tube* atau *tracheostomi*, maupun *non-invasif* melalui masker. Ventilator bekerja dengan cara mengatur tekanan inspirasi, volume tidal, dan aliran udara sehingga target oksigenasi (SpO_2 , PaO_2) dan ventilasi

(PaCO_2) pasien dapat dicapai sesuai kebutuhan klinis (Martin J Tobin, 2022).

Secara fisiologis, ventilator menggantikan fungsi otot pernapasan yang lemah atau gagal, sehingga dapat mencegah hipoksia berat, menjaga homeostasis gas darah, dan memberikan waktu bagi struktur paru untuk pulih dari cedera (Pham et al., 2023).

2.1.3 Karakteristik Pasien di ICU dengan Ventilasi Mekanik

Pasien yang dirawat di ICU dengan ventilasi mekanik memiliki karakteristik khusus yang membedakan mereka dengan pasien di bangsal perawatan biasa. Secara umum, karakteristik utama mereka adalah kritis, tidak stabil, namun seringkali masih memiliki peluang untuk pulih (*reversibel*). Berikut adalah karakteristik utama pasien di ICU dengan ventilasi mekanik:

1. Mengalami Kegagalan Napas atau Gangguan Pertukaran Gas

Pasien yang dirawat di ICU dan memerlukan ventilasi mekanik umumnya mengalami kegagalan napas akut atau gangguan pertukaran gas yang serius. Kegagalan napas terjadi ketika sistem pernapasan tidak mampu memelihara pertukaran oksigen dan karbon dioksida yang adekuat, sehingga terjadi hipoksemia (PaO_2 rendah) dan/atau hiperkapnia (PaCO_2 tinggi). Ventilasi mekanik dipilih untuk mempertahankan ventilasi alveolar dan oksigenasi ketika terapi konvensional tidak mampu memperbaiki kondisi respirasi pasien (Papazian et al., 2024).

Ventilator membantu mempertahankan tekanan inspirasi dan volume tidal yang diperlukan untuk mengoptimalkan pertukaran gas di alveoli, serta mengurangi beban kerja otot pernapasan yang sudah melemah pada kondisi kritis (Pham et al., 2023).

2. Memerlukan Intubasi dan Ventilasi Tekanan Positif

Ventilasi mekanik pada pasien ICU biasanya diberikan melalui intubasi endotrakeal atau trakeostomi untuk memastikan jalur napas yang aman dan efektif. Ventilasi tekanan positif dipilih karena mampu membuka *alveoli* yang kolaps (*recruitment*), mendukung pertukaran gas, dan memberikan FiO_2 yang dikontrol secara presisi. Ventilasi tekanan positif meningkatkan tekanan intratoraks pada fase inspirasi, sehingga dapat mengubah dinamika sirkulasi (misalnya menurunkan *venous return*), tetapi hal ini tetap dibutuhkan untuk mempertahankan ventilasi jika pasien tidak mampu bernapas sendiri (Jozwiak & Teboul, 2024). Metode ini umum digunakan pada pasien dengan ARDS, gagal napas, trauma toraks, dan kondisi lainnya yang memerlukan dukungan respirasi invasif.

3. Mobilitas Terbatas atau Tidak Dapat Bergerak Mandiri

Pasien ICU yang menggunakan ventilator hampir selalu memiliki mobilitas yang sangat terbatas atau tidak mampu bergerak secara mandiri. Hal ini dikarenakan kondisi klinis yang tidak stabil, penggunaan sedasi, dan ketergantungan terhadap alat bantu pernapasan. Imobilisasi berkepanjangan berkontribusi pada penurunan massa otot,

gangguan sirkulasi perifer, dan peningkatan risiko trombosis vena dalam (Borges et al., 2022).

Imobilisasi juga berdampak negatif pada fungsi paru karena menurunkan ekspansi paru dan meningkatkan retensi sekret. Hal ini memperburuk ventilasi alveolar dan berkontribusi terhadap gangguan pertukaran gas (Guyton & Hall, n.d.)

4. Sering Mendapatkan Sedasi dan Analgesia

Pasien dengan ventilator sering diberikan sedasi dan analgesia untuk:

- Meningkatkan kenyamanan
- Mencegah agitasi
- Meningkatkan toleransi terhadap intubasi
- Mengurangi kebutuhan oksigen

Namun, pemberian sedasi juga menekan drive pernapasan dan menurunkan refleks batuk, sehingga memperbesar risiko akumulasi sekret dan gangguan ventilasi. Sedasi yang terlalu dalam juga dapat berdampak pada status hemodinamik karena memengaruhi tonus vaskular dan fungsi kardiovaskular (Devlin & Skrobik, 2023).

5. Memiliki Risiko Tinggi Mengalami Komplikasi Paru dan Gangguan Sirkulasi

Pasien ICU dengan ventilator memiliki risiko tinggi mengalami komplikasi seperti:

- *Ventilator-Associated Pneumonia* (VAP): infeksi paru yang terjadi setelah ≥ 48 jam penggunaan ventilator (Papazian et al., 2024)
- *Ventilator-Induced Lung Injury* (VILI): cedera paru akibat tekanan dan volume ventilator yang tidak optimal (Fan et al., 2023).
- Disfungsi Diafragma: akibat ketergantungan ventilator (*ventilator-induced diaphragmatic dysfunction*) (Goligher et al., 2022).
- Ketidakstabilan Hemodinamik: perubahan tekanan intratoraks berpengaruh pada curah jantung dan perfusi (Jozwiak & Teboul, 2024).

Komplikasi ini memperburuk prognosis pasien, memperpanjang durasi rumah sakit, dan meningkatkan mortalitas jika tidak dikelola dengan baik.

2.1.4 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kondisi Pasien ICU Dengan Ventilasi Mekanik

Menurut Hall & Hall, (2025) terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi pasien ICU dengan ventilasi mekanik, meliputi:

A. Faktor Predisposisi

Faktor yang telah ada sebelum pasien dirawat di ICU dan memengaruhi kerentanan terhadap gangguan respirasi dan hemodinamik

1. Usia

Usia merupakan lamanya waktu hidup seseorang yang dihitung sejak lahir hingga waktu tertentu dan menjadi salah satu faktor yang dapat memengaruhi kondisi fisiologis maupun respons tubuh terhadap penyakit dan tindakan terapi. Dalam penelitian ini, kategori usia responden mengacu pada klasifikasi usia menurut Departemen Kesehatan Republik Indonesia (Depkes RI, 2009) yang membagi usia dewasa menjadi beberapa kelompok, yaitu dewasa awal (26–35 tahun), dewasa akhir (36–45 tahun), lansia awal (46–55 tahun), lansia akhir (56–65 tahun), dan manula (>65 tahun). Pengelompokan usia ini digunakan untuk memudahkan analisis karakteristik responden berdasarkan tahapan perkembangan usia dan kondisi fisiologis yang berbeda pada setiap kelompok usia (D. K. R. Indonesia, 2009).

2. Komorbid dan kriteria pasien yang tidak menjadi sampel berdasarkan kondisi klinik dan fisik

- a. Komorbid yaitu pasien dengan penyakit penyerta dipilih sebagai responden dalam penelitian ini karena sebagian besar pasien yang dirawat di ICU dan menggunakan ventilator mekanik umumnya memiliki penyakit penyerta kronis yang dapat memengaruhi kondisi respirasi dan hemodinamik selama perawatan intensif.

Keberadaan komorbid seperti PPOK, gagal jantung, penyakit ginjal kronis, diabetes melitus, hipertensi, maupun

gangguan neurologis dapat meningkatkan risiko ketidakstabilan tekanan darah, frekuensi nadi, dan frekuensi pernapasan sehingga penting untuk diteliti dalam pemberian *Early Respiratory Physiotherapy and Mobilization*. Dengan melibatkan pasien yang memiliki komorbid, hasil penelitian diharapkan lebih mampu menggambarkan kondisi klinis pasien ICU secara nyata dan meningkatkan representativitas sampel penelitian. Seperti penyakit paru menurunkan kapasitas ventilasi dan pertukaran gas, sedangkan penyakit jantung memengaruhi curah jantung dan perfusi jaringan (Williams & Johnson, 2024). Kombinasi gangguan ini meningkatkan risiko terjadinya hipoksia jaringan dan perubahan status hemodinamik pada pasien yang menggunakan ventilator mekanik (Hall & Hall, 2025).

b. Kriteria pasien yang tidak dijadikan sampel berdasarkan kondisi klinik dan fisik

- Pasien dengan kondisi hemodinamik tidak stabil, seperti mengalami syok atau membutuhkan peningkatan vasopressor secara terus-menerus, berisiko mengalami penurunan perfusi jaringan dan fluktuasi tekanan darah yang signifikan (Hermawan et al., 2023). Kondisi ini dapat memperburuk status hemodinamik sehingga pelaksanaan intervensi fisioterapi respirasi dan mobilisasi dini menjadi tidak aman (Hall & Hall, 2025).

- Pasien dengan cedera tulang belakang atau gangguan muskuloskeletal memiliki keterbatasan dalam melakukan perubahan posisi tubuh maupun mobilisasi dini (Kemenkes RI., 2017). Kondisi ini dapat meningkatkan risiko cedera tambahan serta menghambat pelaksanaan intervensi mobilisasi yang menjadi bagian dari penelitian.
- Pada pasien dengan peningkatan tekanan intrakranial atau gangguan neurologis berat, perubahan posisi tubuh dan stimulasi selama fisioterapi respirasi dapat memengaruhi perfusi serebral serta memperburuk kondisi neurologis pasien (Lewis, S. L., et al., 2020).
- Pasien pasca operasi abdomen dan toraks sering mengalami nyeri, keterbatasan ekspansi dada, serta risiko gangguan hemodinamik dan respirasi (Lewis, S. L., et al., 2020). Kondisi ini dapat membatasi pelaksanaan mobilisasi dini dan fisioterapi respirasi secara optimal.

3. Lama Rawat

Lama perawatan di ICU berhubungan dengan peningkatan risiko terjadinya kelemahan otot, termasuk otot pernapasan, serta infeksi nosokomial. Perawatan yang berkepanjangan juga meningkatkan paparan terhadap ventilasi mekanik dan imobilisasi, yang dapat menyebabkan penurunan fungsi paru, peningkatan retensi sekret, dan gangguan sirkulasi (Hermans & Van den Berghe, 2024). Akibatnya, pasien dengan lama rawat yang panjang (72

Jam) cenderung mengalami penurunan ventilasi alveolar dan perubahan hemodinamik (Hall & Hall, 2025).

4. Jenis Kelamin

Perbedaan anatomi dan fisiologis antara laki-laki dan perempuan dapat memengaruhi kapasitas paru, fungsi kardiovaskular, serta respons tubuh terhadap stres fisiologis selama perawatan di ICU. Laki-laki umumnya memiliki kapasitas paru dan massa otot yang lebih besar, sedangkan perempuan memiliki perbedaan hormonal dan ukuran paru yang dapat memengaruhi respons terhadap ventilasi mekanik dan perubahan status hemodinamik. Pada penelitian ini, responden meliputi pasien laki-laki dan perempuan karena kedua jenis kelamin memiliki karakteristik fisiologis yang berbeda namun sama-sama berisiko mengalami ketidakstabilan hemodinamik saat menggunakan ventilator mekanik. Pemilihan kedua jenis kelamin dilakukan agar hasil penelitian lebih representatif dan dapat menggambarkan pengaruh *Early Respiratory Physiotherapy and Early Mobilization* terhadap status hemodinamik secara lebih menyeluruh pada pasien ICU (Yang et al., 2023). Dengan demikian, perbedaan jenis kelamin menjadi salah satu faktor yang penting untuk dikontrol dalam penelitian ini.

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 frekuensi napas (RR) serta ketidakstabilan hemodinamik berupa peningkatan nadi dan fluktuasi tekanan darah sebagai respons terhadap hipoksemia (Goligher et al., 2022).

6. Refleks batuk

Berfungsi untuk membersihkan jalan napas dari sekret dan benda asing. Pada pasien dengan ventilator mekanik, refleks batuk sering menurun akibat sedasi, penurunan kesadaran, penggunaan endotracheal tube, dan kelemahan otot pernapasan. Akibatnya, sekret sulit dikeluarkan dan mudah menumpuk di saluran napas, meningkatkan risiko atelektasis dan gangguan pertukaran gas (John E. Hall, 2025). Kondisi ini dapat memicu peningkatan frekuensi pernapasan dan denyut nadi sebagai respons kompensasi terhadap hipoksia serta berkontribusi pada ketidakstabilan tekanan darah (Martin J Tobin, 2022)

7. Kelemahan Otot Pernapasan

Otot pernapasan, terutama diafragma, dapat mengalami kelemahan pada pasien dengan ventilator mekanik akibat imobilisasi, sedasi, dan disuse atrophy (ventilator-induced

diaphragmatic dysfunction) (Hall & Hall, 2025). Kelemahan ini menurunkan kemampuan ventilasi spontan dan meningkatkan ketergantungan pada ventilator. Secara kompensasi, tubuh meningkatkan frekuensi napas dan denyut jantung untuk mempertahankan oksigenasi. Selain itu, lemahnya otot pernapasan memperburuk efektivitas batuk sehingga sekret sulit dikeluarkan dan risiko gangguan oksigenasi serta perubahan status hemodinamik semakin meningkat (Goligher et al., 2022).

B. Faktor Presipitasi

Faktor pencetus yang muncul selama perawatan ICU dan secara langsung memperburuk kondisi pasien.

1. Imobilisasi Berkepanjangan

Imobilisasi yang terjadi selama perawatan di ICU menyebabkan penurunan ekspansi paru dan stasis sekret di jalan napas. Selain itu, imobilisasi menurunkan aktivitas pompa otot rangka yang berperan dalam meningkatkan aliran balik vena ke jantung (Afxonidis, 2021). Kondisi ini mengakibatkan penurunan ventilasi alveolar dan venous return, sehingga preload dan curah jantung menurun. Dampak akhir dari proses ini adalah gangguan oksigenasi jaringan dan perubahan status hemodinamik (Hall & Hall, 2025).

2. Akumulasi Sekret Jalan Napas

Akumulasi sekret terjadi akibat penurunan refleks batuk, penggunaan sedasi, dan ketidakmampuan pasien membersihkan

jalan napas secara efektif. Sekret yang menumpuk dapat menyumbat jalan napas dan menurunkan ventilasi alveolar (Yean et al., 2020). Hal ini mengganggu pertukaran gas dan menyebabkan penurunan oksigenasi jaringan, yang selanjutnya meningkatkan beban kerja jantung dan memengaruhi tekanan darah serta frekuensi nadi. (Hall & Hall, 2025).

3. Durasi Penggunaan Ventilator

Penggunaan ventilator dalam jangka waktu lama menyebabkan berkurangnya aktivitas otot pernapasan, terutama diafragma, sehingga terjadi disfungsi diafragma. Selain itu, ventilasi tekanan positif yang berkepanjangan dapat menyebabkan distribusi udara yang tidak merata di alveoli dan meningkatkan risiko atelectasis (Hall & Hall, 2025). Kondisi ini menurunkan ventilasi alveolar dan memperburuk pertukaran gas, sehingga berkontribusi terhadap gangguan hemodinamik (Goligher & Dres, 2022).

4. Pemberian Sedasi

Sedasi diberikan untuk meningkatkan kenyamanan dan toleransi pasien terhadap ventilator, namun sedasi yang berlebihan dapat menurunkan drive napas spontan dan refleks batuk. Akibatnya, sekret mudah tertahan dan ventilasi alveolar menurun. Selain itu, sedasi memengaruhi sistem saraf otonom yang mengatur tekanan darah dan denyut jantung, sehingga dapat menyebabkan

hipotensi atau perubahan frekuensi nadi yang berdampak pada status hemodinamik (Devlin & Skrobik, 2023).

2.1.5 Masalah Klinis Umum Pada Pasien ICU

Pasien yang dirawat di *Intensive Care Unit* (ICU) umumnya mengalami gangguan multisistem akibat penyakit berat, trauma, atau pasca pembedahan mayor (Khaled et al., 2020). Kondisi kritis ini sering disertai ketidakstabilan fisiologis yang memerlukan pemantauan ketat dan terapi suportif lanjutan. Beberapa masalah klinis yang paling sering ditemukan pada pasien ICU meliputi gangguan respirasi, hemodinamik, neuromuskular, metabolik, serta komplikasi akibat imobilisasi dan penggunaan alat invasif.

1. Gangguan Sistem Respirasi

Masalah respirasi merupakan keluhan utama pada pasien ICU, terutama pada pasien yang menggunakan ventilator mekanik. Kondisi yang sering terjadi antara lain gagal napas akut, *Acute Respiratory Distress Syndrome* (ARDS), penumpukan sekret, atelectasis, dan pneumonia terkait ventilator (*Ventilator-Associated Pneumonia/VAP*) (Papazian et al., 2024). Gangguan ini menyebabkan penurunan pertukaran gas dan hipoksemia, sehingga membutuhkan dukungan ventilasi dan intervensi fisioterapi respirasi (Fan et al., 2023).

2. Ketidakstabilan Hemodinamik

Pasien ICU sering mengalami hipotensi, takikardia, atau fluktuasi tekanan darah akibat sepsis, syok, perdarahan, atau gangguan fungsi jantung. Ketidakstabilan hemodinamik berdampak pada perfusi

jaringan dan fungsi organ vital (Evans et al., 2021). Oleh karena itu, pasien sering memerlukan cairan intravena, vasopresor, dan pemantauan ketat parameter seperti Tekanan Darah, Nadi dan RR (Cecconi et al., 2023).

3. Disfungsi Neuromuskular dan Kelemahan Otot (*ICU-Acquired Weakness*)

Imobilisasi berkepanjangan, inflamasi sistemik, dan penggunaan sedasi menyebabkan penurunan massa dan kekuatan otot yang dikenal sebagai *ICU-acquired weakness (ICU-AW)*. Kondisi ini memperpanjang proses weaning dari ventilator dan memperlambat pemulihan fungsional pasien (Belli et al., 2021).

5. Gangguan Kesadaran dan Delirium

Delirium merupakan masalah neuropsikiatrik yang sering muncul pada pasien ICU akibat hipoksia, infeksi, obat sedatif, dan gangguan metabolik. Delirium dikaitkan dengan peningkatan lama rawat, komplikasi, dan mortalitas (Devlin et al., 2023).

4. Gangguan Metabolik dan Nutrisi

Pasien kritis sering mengalami hiperglikemia stres, ketidakseimbangan elektrolit, dan malnutrisi akibat peningkatan kebutuhan metabolik serta keterbatasan asupan oral. Kondisi ini memengaruhi penyembuhan luka, daya tahan tubuh, dan fungsi otot (Singer et al., 2023).

5. Risiko Infeksi Nosokomial

Penggunaan alat invasif seperti kateter vena sentral, kateter urin, dan ventilator meningkatkan risiko infeksi nosokomial, termasuk sepsis. Infeksi ini memperburuk kondisi hemodinamik dan memperpanjang masa perawatan (Hodgson, Stiller, Needham, et al., 2023).

6. Komplikasi Akibat Imobilisasi

Imobilisasi jangka panjang dapat menyebabkan dekubitus, trombosis vena dalam (DVT), penurunan kapasitas paru, dan gangguan sirkulasi perifer. Hal ini menjadi dasar pentingnya intervensi mobilisasi dini dan fisioterapi pada pasien ICU (Rawal, 2024).

2.1.6 Dampak Imobilisasi dan Ventilasi Mekanik di ICU

Imobilisasi dan penggunaan ventilasi mekanik merupakan bagian integral dalam perawatan pasien kritis di ICU. Meskipun keduanya berperan penting dalam mempertahankan fungsi vital pasien, kondisi ini juga menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap sistem tubuh apabila berlangsung dalam waktu lama.

1. Dampak Imobilisasi di ICU

Imobilisasi berkepanjangan menyebabkan penurunan massa dan kekuatan otot rangka secara cepat akibat ketidakseimbangan antara sintesis dan degradasi protein otot. Kondisi ini dikenal sebagai ICU-*acquired weakness (ICU-AW)* dan berhubungan dengan peningkatan lama penggunaan ventilator serta keterlambatan pemulihan fungsi fisik pasien. Selain itu, imobilisasi menyebabkan penurunan kapasitas paru,

gangguan ventilasi-perfusi, serta meningkatkan risiko atelektasis dan infeksi paru (Belli et al., 2021).

Dampak lain imobilisasi meliputi gangguan sirkulasi perifer, peningkatan risiko trombosis vena dalam (*deep vein thrombosis/DVT*), hipotensi ortostatik, serta gangguan integritas kulit seperti dekubitus. Imobilisasi juga memengaruhi sistem metabolik dengan meningkatkan resistensi insulin dan memperburuk status nutrisi pasien kritis (Parry & Puthuchery, 2021).

2. Dampak Ventilasi Mekanik di ICU

Ventilasi mekanik, meskipun bersifat menyelamatkan jiwa, dapat menimbulkan komplikasi respirasi dan sistemik. Tekanan positif dari ventilator dapat menurunkan venous return ke jantung sehingga memengaruhi curah jantung dan stabilitas hemodinamik. Selain itu, penggunaan ventilator dalam jangka panjang dapat menyebabkan disfungsi otot pernapasan, khususnya diafragma (*ventilator-induced diaphragmatic dysfunction*), yang memperpanjang proses weaning kritis (Parry & Puthuchery, 2021).

Ventilasi mekanik juga meningkatkan risiko terjadinya *ventilator-associated pneumonia* (VAP) akibat gangguan mekanisme pembersihan jalan napas dan kolonisasi bakteri. Akumulasi sekret serta refleks batuk yang menurun memperburuk pertukaran gas dan memperpanjang masa rawat ICU (Papazian et al., 2024).

3. Dampak Kombinasi Imobilisasi dan Ventilasi Mekanik

Kombinasi imobilisasi dan ventilasi mekanik mempercepat terjadinya dekondisi fisik dan penurunan kapasitas fungsional pasien. Interaksi antara disfungsi otot rangka, gangguan respirasi, dan ketidakstabilan hemodinamik memperbesar risiko komplikasi seperti pneumonia, gagal napas, serta gangguan perfusi jaringan (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023). Hal ini berdampak pada peningkatan lama rawat ICU, angka morbiditas, dan mortalitas (Cecconi et al., 2023).

2.1.7 Dampak Ventilator Terhadap Sistem Respirasi

Meskipun menyelamatkan nyawa, penggunaan ventilasi mekanik dalam jangka waktu tertentu dapat menimbulkan efek samping sistemik:

1. Risiko cedera paru akibat tekanan berlebih (*barotrauma*) atau volume berlebih (*volutrauma*), serta risiko infeksi pneumonia terkait ventilator (*Ventilator-Associated Pneumonia* / VAP) (Urden et al., 2021).
2. *Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction* (VIDD)
Ketergantungan pada ventilator menyebabkan atrofi dan penurunan kekuatan diafragma (Goligher et al., 2022).
3. Gangguan pembersihan jalan napas
Refleks batuk menurun sehingga sekret menumpuk dan meningkatkan risiko infeksi (Cecconi et al., 2023).
4. Karena pasien sering kali diberikan sedasi untuk toleransi ventilator, pasien mengalami imobilisasi total yang memicu atrofi otot dan gangguan hemodinamik (Knight et al., 2019).

2.1.8 Dampak Ventilator terhadap Status Hemodinamik

Penggunaan ventilasi mekanik memberikan dampak signifikan terhadap status hemodinamik melalui perubahan tekanan intratorakal. Mekanisme ini dapat dijelaskan melalui tiga jalur utama:

1. Penurunan *Preload* (Beban Awal Jantung) Ventilator bekerja dengan memberikan tekanan positif ke dalam alveoli dan rongga dada selama inspirasi. Peningkatan tekanan intratorakal ini menekan pembuluh darah vena besar (*Vena Cava Superior* dan *Inferior*), sehingga menghambat aliran darah balik dari seluruh tubuh menuju jantung kanan (*Venous Return*). Penurunan *venous return* secara langsung mengakibatkan penurunan volume akhir diastolik ventrikel kanan, yang pada akhirnya menurunkan jumlah darah yang dipompa ke paru-paru dan jantung kiri (Urden et al., 2021).
2. Peningkatan *Afterload* Ventrikel Kanan Tekanan positif yang tinggi di alveoli dapat menekan kapiler paru (*Pulmonary Capillaries*). Hal ini meningkatkan resistensi vaskular paru, sehingga ventrikel kanan harus bekerja lebih keras untuk memompa darah ke paru-paru. Jika tekanan ventilator terlalu tinggi (PEEP tinggi), hal ini dapat memicu kegagalan ventrikel kanan akut (Brunner & Suddarth, 2018).
3. Penurunan Curah Jantung (*Cardiac Output*) dan Respon Kompensasi Akibat penurunan *preload* dan peningkatan *afterload* ventrikel kanan, volume darah yang dikeluarkan oleh jantung kiri (*Stroke Volume*) menurun. Berdasarkan hukum kompensasi, tubuh akan merespons penurunan curah jantung ini dengan:

- Peningkatan Frekuensi Nadi (Takikardia): Penurunan venous return akibat peningkatan tekanan intratorakal menyebabkan berkurangnya volume sekuncup jantung. Untuk mempertahankan suplai oksigen ke jaringan, tubuh merespons dengan meningkatkan denyut jantung sebagai mekanisme kompensasi terhadap penurunan curah jantung (Knight et al., 2019).
- Fluktuasi Tekanan Darah: Penurunan preload dan curah jantung dapat menyebabkan fluktuasi tekanan darah sistolik, terutama pada pasien dengan status volume intravaskular yang rendah atau yang mendapatkan sedasi dan vasodilator sehingga tonus vaskular menurun. Kondisi ini membuat tekanan darah menjadi lebih mudah berfluktuasi selama penggunaan ventilator mekanik (Knight et al., 2019).

2.2 Konsep Fisioterapi Respirasi Dini (*Early Respiratory Physiotherapy*)

2.2.1 Definisi Early Respiratory Physiotherapy

Fisioterapi respirasi dini adalah rangkaian intervensi fisioterapi yang diberikan pada fase awal perawatan pasien kritis termasuk pasien yang menjalani ventilator mekanik dengan tujuan meningkatkan ventilasi, memfasilitasi pembersihan sekret, mempertahankan atau memperbaiki mekanika pernapasan, serta mencegah komplikasi akibat imobilitas (Belli et al., 2021). Intervensi ini meliputi teknik posisi, latihan pernapasan, teknik pembersihan jalan napas (*airway clearance techniques*), serta integrasi dengan mobilisasi dini bila memungkinkan. Konsep “dini” biasanya merujuk pada inisiasi intervensi pada hari-hari awal perawatan

ICU ketika kondisi klinis pasien stabil atau dapat dikendalikan (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023).

2.2.2 Tujuan Fisioterapi Respirasi Dini Pada Pasien ICU

Tujuan utama fisioterapi respirasi dini pada pasien ICU adalah:

1. Meningkatkan atau memelihara oksigenasi dan ventilasi (mis. memperbaiki distribusi udara, menurunkan atelectasis) (Afxonidis, 2021).
2. Memfasilitasi pembuangan sekret sehingga mengurangi obstruksi jalan napas dan kebutuhan suctioning invasif (Belli et al., 2021)
3. Meningkatkan efisiensi batuk dan kapasitas inspirasi melalui latihan pernapasan dan teknik dukungan (Goligher et al., 2022).
4. Mencegah gangguan akibat imobilisasi (seperti penurunan kapasitas fungsional dan ICU-acquired weakness) dengan mengombinasikan intervensi pernapasan dan mobilisasi (Belli et al., 2021).
5. Meminimalkan durasi ventilator bila efektif, melalui perbaikan mekanika pernapasan dan perfusi (Goligher et al., 2022).

2.2.3 Jenis dan Teknik Fisioterapi Respirasi Dini

Berikut teknik yang sering dipraktekkan pada pasien ICU, beserta fungsi singkatnya dan catatan keselamatan:

1. *Clapping* (Perkusi Dada)

Clapping merupakan teknik fisioterapi respirasi berupa perkusi dinding dada menggunakan tangan berbentuk *cup* secara ritmis dan terkontrol pada area paru sesuai indikasi, dengan tujuan melonggarkan sekret dari dinding bronkus sehingga memperbaiki ventilasi alveolar.

Tindakan dilakukan selama $\pm 3-5$ menit pada setiap segmen paru, dengan frekuensi 1–2 kali per hari, disesuaikan dengan toleransi dan kondisi klinis pasien (Nagatomi et al., 2023).

2. *Vibration* (Vibrasi Dada)

Vibration adalah teknik fisioterapi respirasi berupa pemberian getaran manual halus pada dinding dada yang disinkronkan dengan fase ekspirasi pasien, bertujuan memobilisasi sekret menuju jalan napas proksimal sehingga memudahkan pengeluaran sekret.

Tindakan dilakukan selama $\pm 1-2$ menit pada setiap area paru, dengan total durasi $\pm 3-5$ menit per sesi dan frekuensi 1–2 kali per hari (Ahmed, 2024).

3. *Suction* (Penghisapan Sekret)

Suction merupakan tindakan penghisapan sekret jalan napas melalui *endotracheal tube* (ETT) menggunakan teknik steril untuk menjaga patensi jalan napas dan mendukung ventilasi alveolar yang efektif.

Suction dilakukan sesuai indikasi klinis dengan durasi 10–15 detik per kali tindakan dan total waktu tidak melebihi ± 5 menit per sesi guna mencegah hipoksemia dan instabilitas hemodinamik (Marietta et al., 2025).

2.2.4 Waktu dan Indikasi Pemberian Fisioterapi Respirasi Dini

Waktu “Dini” umumnya berarti intervensi diinisiasi sedini mungkin setelah kondisi pasien dianggap cukup stabil (mis. perfusi adekuat, vasopressor terkontrol) dan tidak ada kontraindikasi absolut. Banyak pedoman dan studi menggunakan definisi inisiasi dalam 24–72 jam pertama

perawatan ICU/ventilasi, tetapi keputusan harus individual (Yean et al., 2020).

Adanya indikasi klinis sekresi berlebih yang menghambat ventilasi, atelectasis terlokalisir, penurunan saturasi yang dicurigai akibat sekret, kebutuhan untuk memperbaiki mekanika pernapasan, pasien dengan risiko tinggi penumpukan sputum (mis. penyakit paru kronik, neuromuskular), dan untuk persiapan atau mendukung proses weaning jika sesuai (Yean et al., 2020).

2.2.5 Risiko dan Kontraindikasi

Risiko potensial yaitu perubahan status hemodinamik (hipotensi, takikardia), peningkatan tekanan intrakranial, hipoksemia transient, dislokasi tabung endotrakeal (jika manipulasi kasar), peningkatan inadvertent aerosol generation (risiko infeksi), dan cedera muskuloskeletal atau nyeri. Teknik manual seperti percussion/ MHI dapat menyebabkan fluktuasi tekanan intrathoraks sehingga perlu kehati-hatian pada pasien yang tidak stabil (Yean et al., 2020).

Kontraindikasi absolut/relatif (perlu evaluasi kasus-per-kasus):

1. Kontraindikasi absolut: stabilitas kardiovaskular berat yang tidak dapat dikompensasikan (mis. iskemia miokard akut tak terkontrol), dislokasi tulang/trauma jerawat berat pada thorax, peningkatan tekanan intrakranial yang tidak terkontrol untuk beberapa teknik posisi (Jozwiak et al., 2024).
2. Kontraindikasi relatif: hemoptisis dalam jumlah besar yang tidak terkontrol, pneumothorax yang belum ditangani, fraktur tulang dada

tanpa stabilisasi, aritmia berat yang tidak stabil, atau kondisi di mana peningkatan tekanan intrathoraks bisa membahayakan (mis. beberapa pasien dengan barotrauma). Keputusan harus berdasarkan penilaian klinis tim dan panduan institusi (Messina et al., 2022).

2.3 Konsep Mobilisasi Dini (*Early Mobilization*) pada Pasien ICU

2.3.1 Definisi Mobilisasi Dini

Mobilisasi dini (*Early Mobilization*) pada pasien ICU adalah serangkaian aktivitas fisik terstruktur yang dimulai sedini mungkin selama masa perawatan kritis, termasuk pada pasien yang masih menggunakan ventilator mekanik, dengan tujuan mempertahankan atau meningkatkan fungsi neuromuskular, kardiovaskular, respirasi, serta mencegah komplikasi akibat imobilisasi berkepanjangan. Mobilisasi dini tidak hanya terbatas pada berjalan, tetapi mencakup spektrum aktivitas dari latihan pasif hingga aktivitas fungsional yang lebih aktif sesuai dengan toleransi dan stabilitas klinis pasien. Konsep mobilisasi dini menekankan kolaborasi multidisiplin dan penilaian keselamatan berbasis status hemodinamik, respirasi, serta neurologis pasien (Aryanti & Tanjung, 2022)

Studi dan pedoman ICU modern menegaskan bahwa mobilisasi dini aman dan layak dilakukan pada pasien dengan ventilator mekanik selama parameter klinis berada dalam batas aman yang ditetapkan (Aryanti & Tanjung, 2022).

2.3.2 Mobilisasi Dini Pada Pasien Ventilator

Mobilisasi dini pada pasien ICU dengan ventilator dilakukan secara bertahap dan progresif, menyesuaikan dengan tingkat kesadaran, stabilitas

hemodinamik, serta toleransi pasien. Mobilisasi dini pada pasien ICU dengan ventilator dilakukan secara bertahap dan disesuaikan dengan tingkat kesadaran serta stabilitas hemodinamik (Aryanti & Tanjung, 2022). Pada fase awal perawatan, mobilisasi diberikan dalam bentuk mobilisasi pasif, yaitu perubahan posisi tubuh yang dilakukan oleh tenaga kesehatan tanpa partisipasi aktif pasien. Bentuk mobilisasi pasif yang paling umum adalah *Head of Bed (HOB)* 30–45° dan posisi Miring Kanan-Miring Kiri (Mika-Miki) yang bertujuan mempertahankan fungsi respirasi dan sirkulasi serta mencegah komplikasi akibat imobilisasi (Yang et al., 2023).

1. Head of Bed (HOB) 30–45°

Posisi HOB 30–45° merupakan bentuk mobilisasi pasif yang bertujuan meningkatkan ventilasi alveolar dan memperbaiki distribusi udara di paru. Secara fisiologis, peninggian kepala tempat tidur mengurangi tekanan abdomen terhadap diafragma sehingga memungkinkan ekspansi paru yang lebih optimal (PPNI, 2018). Hal ini meningkatkan volume paru akhir ekspirasi dan memperbaiki keseimbangan ventilasi-perfusi. Selain itu, posisi ini menurunkan risiko aspirasi dan pneumonia terkait ventilator dengan mencegah refluks isi lambung ke saluran napas (Hall & Hall, 2025).

Dari sisi hemodinamik, perubahan posisi tubuh juga membantu mempertahankan aliran balik vena (venous return) dan mencegah stagnasi darah di ekstremitas bawah, sehingga berkontribusi terhadap kestabilan tekanan darah dan denyut jantung pada pasien dengan ventilator mekanik (Hall & Hall, 2025).

2. Miring Kanan - Miring Kiri (Mika-Miki)

MIKA–MIKI merupakan mobilisasi pasif berupa perubahan posisi pasien secara bergantian dari miring kanan ke miring kiri. Intervensi ini bertujuan mencegah penumpukan sekret di satu area paru dan mengurangi risiko atelektasis akibat distribusi ventilasi yang tidak merata (Schaller et al., 2024). Perubahan posisi tubuh memengaruhi distribusi ventilasi dan perfusi paru karena pengaruh gravitasi terhadap aliran darah dan ekspansi alveoli, sehingga membantu memperbaiki rasio ventilasi–perfusi dan meningkatkan oksigenasi (Hall & Hall, 2025). Dari sisi sirkulasi, perubahan posisi tubuh merangsang pompa otot rangka secara pasif dan membantu aliran balik vena menuju jantung. Hal ini penting untuk mencegah hipotensi akibat imobilisasi berkepanjangan dan mempertahankan curah jantung (Cecconi et al., 2023).

Mobilisasi pasif melalui HOB 30–45° dan MIKA–MIKI berperan sebagai dasar mobilisasi dini pada pasien ICU dengan ventilator, terutama pada pasien dengan sedasi atau penurunan kesadaran (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023). Intervensi ini bertujuan mempertahankan ventilasi alveolar, memperlancar sirkulasi darah, mencegah stasis sekret, serta mengurangi dampak imobilisasi seperti penurunan kapasitas paru dan gangguan perfusi jaringan (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023).

Dengan demikian, mobilisasi pasif tidak hanya mencegah komplikasi muskuloskeletal, tetapi juga berkontribusi terhadap

stabilitas hemodinamik dan perbaikan fungsi respirasi yang menjadi fokus penelitian ini (Hall & Hall, 2025).

2.3.3 Manfaat Mobilisasi Dini Pada Pasien ICU

Mobilisasi dini memiliki beragam manfaat klinis yang telah dilaporkan menurut Hodgson, Stiller, & Needham, (2023) antara lain:

1. Penurunan risiko *ICU-acquired weakness* (ICU-AW) dan deconditioning otot.
2. Peningkatan ventilasi/perfusi paru serta pengurangan komplikasi respirasi (seperti VAP atau atelectasis).
3. Pengurangan durasi penggunaan ventilator mekanik dan penurunan lama rawat ICU.
4. Peningkatan fungsi fungsional jangka panjang setelah keluar dari ICU dan rawat inap.
5. Perbaikan skor kognitif dan mobilitas, yang berkontribusi terhadap kualitas hidup pasca-ICU.

Beberapa studi seperti menurut (Farid et al., 2024; Daud & Haryanto, 2024; Kusuma et al., 2024) juga menunjukkan bahwa mobilisasi dini dapat menurunkan durasi penggunaan ventilator dan lama perawatan dibandingkan perawatan standar tanpa mobilisasi terstruktur.

2.3.4 Risiko dan Kontraindikasi Mobilisasi Dini

Meskipun bermanfaat, mobilisasi dini memiliki potensi risiko yang harus dipertimbangkan secara cermat. Risiko yang dapat terjadi meliputi hipotensi ortostatik, desaturasi oksigen, aritmia, peningkatan kebutuhan oksigen, kelelahan berlebihan, serta dislokasi alat invasif seperti

endotracheal tube atau kateter vaskular (Wu et al., 2018). Kontraindikasi absolut meliputi instabilitas hemodinamik berat, peningkatan tekanan intrakranial yang tidak terkontrol, perdarahan aktif, dan kondisi kardiak akut yang belum stabil.

Kontraindikasi relatif mencakup penggunaan *vasopressor* dosis tinggi, fraktur tidak stabil, hipoksemia berat, atau kondisi neurologis tertentu. Oleh karena itu, mobilisasi dini harus selalu diawali dengan skrining keselamatan dan pemantauan ketat selama intervensi (Wu et al., 2018).

2.4 Konsep Hemodinamik

2.4.1 Definisi Hemodinamik

Hemodinamik adalah kajian mengenai dinamika aliran darah dalam sistem kardiovaskular yang mencakup hubungan antara tekanan darah, aliran darah, resistensi pembuluh, dan fungsi jantung. Hemodinamik tidak hanya dipengaruhi oleh kemampuan jantung memompa darah, tetapi juga oleh volume darah, tonus pembuluh darah, serta regulasi saraf dan hormonal yang bekerja secara terpadu untuk mempertahankan perfusi jaringan yang adekuat ini (Hall & Hall, 2025).

Pada pasien ICU, khususnya yang menggunakan ventilator mekanik, perubahan fungsi respirasi dan imobilisasi dapat mengganggu keseimbangan hemodinamik sehingga memerlukan pemantauan dan intervensi yang tepat ini (Hall & Hall, 2025).

2.4.2 Komponen Hemodinamik

Menurut (Hall & Hall, 2025), Status hemodinamik seseorang ditentukan oleh interaksi kompleks antara tiga komponen utama:

1. Pompa (Jantung): Mengacu pada kemampuan miokardium atau otot jantung untuk berkontraksi secara efektif guna memompa darah ke seluruh sirkulasi.
2. Cairan (Darah): Merupakan volume darah yang beredar di dalam sistem pembuluh darah (intravaskular).
3. Pipa (Pembuluh Darah): Meliputi diameter dan kelenturan pembuluh darah yang menciptakan resistensi terhadap aliran darah.

2.4.3 Tujuan Pemantauan Hemodinamik

Tujuan utama dari pemantauan ini adalah untuk mendeteksi dini adanya instabilitas fisiologis dan mengidentifikasi perubahan status kardiovaskular sebelum terjadi kegagalan organ yang bersifat ireversibel (Urden et al., 2021). Selain itu, pemantauan ini penting untuk menilai respon pasien terhadap intervensi tertentu, seperti pemberian cairan atau tindakan mobilisasi dini (*Early Mobilization*), serta memahami dampak tekanan positif dari ventilator mekanik terhadap aliran balik darah ke jantung (Hall & Hall, 2025).

2.4.4 Parameter Utama Hemodinamik

1. Tekanan Darah (*Blood Pressure*)

Tekanan darah dihasilkan oleh kekuatan pompa jantung yang mendorong darah ke dinding arteri. Saat pasien tirah baring, terjadi penurunan aliran balik vena (*venous return*), yang secara langsung menurunkan curah jantung. Tubuh merespons ini melalui baroreseptor di sinus karotis untuk mengatur diameter pembuluh darah agar tekanan darah tetap stabil. Namun, pada pasien kritis, mekanisme ini sering kali

gagal, menyebabkan fluktuasi tekanan darah (Brunner & Suddarth, 2018). Menurut pedoman *American Heart Association* (AHA) dan *American College of Cardiology* (ACC), tekanan darah pada orang dewasa diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Klasifikasi Tekanan Darah Tekanan Darah menurut *The Joint National Committee VIII* dan *American Heart Association*, 2025

Klasifikasi Tekanan Darah	Sistolik (mmHg)	Diastolik (mmHg)
Normal	< 120	< 80
Elevated (Meningkat)	120-129	< 80
Hipertensi Stadium 1	130-139	80-89
Hipertensi Stadium 2	≥ 140	≥ 90
Krisis Hipertensi	≥ 180	≥ 120

Pada pasien kritis, perubahan tekanan darah dapat terjadi akibat gangguan perfusi, respons inflamasi, penggunaan ventilator mekanik, maupun kondisi penyakit yang mendasari. Tekanan darah yang berada di luar rentang normal dapat menunjukkan adanya gangguan status hemodinamik yang memerlukan pemantauan dan intervensi lebih lanjut. Oleh karena itu, tekanan darah sistolik dan diastolik digunakan sebagai salah satu parameter untuk menilai perubahan status hemodinamik pada penelitian ini..

2. Frekuensi Nadi (*Heart Rate*)

Frekuensi nadi adalah jumlah denyut jantung per menit. Nadi dikontrol oleh Sistem Saraf Otonom. Sistem simpatis meningkatkan

nadi, sedangkan sistem parasimpatis menurunkan nadi (Hall & Hall, 2021).

Denyut nadi normal pada orang dewasa umumnya berada dalam rentang 60–100 kali per menit (nadi normal istirahat). Secara klinis, nilai nadi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Tabel 2.2 Klasifikasi Denyut Nadi menurut American Heart Association, 2024

Klasifikasi Nadi	Rentang Normal
Bradikardia	< 60 kali per menit
Nadi Normal	60-100 li per menit
Takikardia	> 100 kali per menit

Pada pasien ICU dengan ventilator mekanik, denyut nadi sering berada di atas rentang normal akibat stres fisiologis, imobilisasi, dan gangguan pertukaran gas. Setelah dilakukan *Early Respiratory Physiotherapy And Mobilization*, frekuensi nadi cenderung mengalami penurunan atau stabilisasi seiring dengan membaiknya ventilasi alveolar dan perfusi jaringan (Urden et al., 2021). Inilah penyebab sering terjadinya takikardia pada pasien ICU yang imobilisasi.

3. Frekuensi Pernapasan (*Respiratory Rate*)

Meskipun sering dianggap sebagai parameter respirasi, frekuensi pernapasan adalah komponen vital hemodinamik karena sangat dipengaruhi oleh status sirkulasi dan keseimbangan asam-basa. Pusat pernapasan di medula oblongata mengatur kecepatan napas berdasarkan kadar CO₂ dan pH darah (Hall & Hall, 2021).

Frekuensi pernapasan merupakan salah satu indikator penting dalam penilaian status respirasi dan hemodinamik pasien, terutama pada pasien kritis yang dirawat di ruang Intensive Care Unit (ICU). Perubahan frekuensi pernapasan dapat mencerminkan adanya gangguan oksigenasi, ventilasi, maupun perfusi jaringan.

Menurut Seymour et al. (2016) dalam kriteria *Quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA)*, frekuensi pernapasan ≥ 22 kali per menit merupakan salah satu indikator adanya gangguan fisiologis yang berhubungan dengan peningkatan risiko perburukan kondisi pasien. Berdasarkan kriteria tersebut, frekuensi pernapasan pada penelitian ini diklasifikasikan menjadi:

Tabel 2. 3 Klasifikasi frekuensi pernapasan menurut *Quick Sequential Organ Failure Assessment (qSOFA)* (2016).

Klasifikasi Pernapasan	Rentang Normal
Bradipnea	<12 x/menit
Normal	12-22 x/menit
Takipnea	>22 x/menit

Karena penelitian dilakukan pada pasien kritis di ICU, sehingga klasifikasi frekuensi pernapasan mengacu pada kriteria qSOFA yang banyak digunakan pada pasien kritis dan sepsis. Dalam kriteria tersebut, frekuensi pernapasan ≥ 22 kali/menit merupakan indikator adanya gangguan fisiologis dan peningkatan risiko perburukan kondisi pasien, sehingga lebih relevan dibandingkan batas umum >20 kali/menit (Seymour et al., 2016).

2.4.5 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Status Hemodinamik

Beberapa faktor utama yang memodulasi status hemodinamik pasien ICU adalah:

1. Volume intravaskular (*preload*)

Hipovolemia (mis. perdarahan, kehilangan cairan) menurunkan *preload* dan *cardiac output*; sebaliknya *overload* cairan meningkatkan *preload* tetapi dapat menurunkan efisiensi jantung dan menyebabkan edema paru. Evaluasi respons cairan (*fluid responsiveness*) penting untuk keputusan pemberian cairan (Hall & Hall, 2021).

2. Fungsi jantung (kontraktilitas / *afterload*)

Gangguan miokardial (*infark*, *cardiomyopathy*), aritmia, atau penurunan kontraktilitas menurunkan *cardiac output*, peningkatan *afterload* (peningkatan SVR) juga dapat menurunkan output jantung. Kadang diperlukan inotropik atau dukungan sirkulasi (Hall & Hall, 2021).

3. *Systemic Vascular Resistance (SVR) / Vasomotor Tone*

Dalam sepsis, vasodilatasi luas mengakibatkan penurunan SVR dan hipotensi pemberian vasopressor dimaksudkan untuk mengembalikan tone vaskular dan MAP (Hall & Hall, 2021)

4. Ventilasi mekanik dan tekanan intrathorak

Positive pressure ventilation (termasuk PEEP dan tidal volume yang besar) meningkatkan tekanan intrathorak, menurunkan *venous return (preload)* dan dapat mengurangi *cardiac output*, efek ini relevan pada pasien dengan ventilator. Selain itu, perubahan ventilasi selama

intervensi respirasi atau mobilisasi dapat mengubah hemodinamik secara cepat (Hodgson, Stiller, Needham, et al., 2023).

5. Status oksigenasi dan anemia

Penurunan saturasi atau anemia mengurangi *oxygen delivery* ke jaringan, memaksa kompensasi kardiovaskular (peningkatan HR/CO) yang pada akhirnya mempengaruhi stabilitas hemodinamik (Hall & Hall, 2021)

6. Obat-obatan dan terapi vasoaktif

Vasopressor (*norepinefrin*, *vasopresin*), *inotropik*, sedatif, analgesik, dan obat lainnya memodulasi HR, SVR, dan kontraktilitas. Efek farmakologis ini harus diperhitungkan saat menilai pengaruh intervensi non-farmakologis (Cecconi et al., 2023)

7. Sepsis dan proses inflamasi sistemik

Disfungsi endotel dan vasodilatasi pada sepsis mengubah distribusi darah, meningkatkan kebutuhan *vasopressor*, dan menyebabkan fluktuasi hemodinamik yang tajam (Messina et al., 2022).

8. Faktor eksternal/teknis dan procedural

Posisi tubuh, suctioning, repositioning, mobilisasi dini, dan prosedur invasif (mis. pemasangan central line, *endotracheal suction*) dapat menyebabkan perubahan hemodinamik sementara maupun persisten (Messina et al., 2022).

9. Faktor metabolik dan neuroendokrin

Suhu tubuh, pain, agitation, serta respons hormonal (*katekolamin, kortisol*) turut memengaruhi tonus vaskular dan output jantung (Messina et al., 2022).

2.5 *Early Respiratory Physiotherapy* dan *Mobilization* Pada Status Hemodinamik

2.5.1 Mekanisme Fisiologis Pengaruh Fisioterapi Respirasi terhadap

Hemodinamik

1) Perubahan tekanan *intrathorak* dan *venous return*.

Teknik fisioterapi respirasi seperti *clapping*, *vibration*, dan *suctioning* memengaruhi pola ventilasi serta tekanan intratorakal. Pada pasien dengan ventilator mekanik, tekanan intratorakal yang meningkat dapat menurunkan *venous return* ke jantung kanan sehingga preload menurun dan berpotensi menurunkan curah jantung. Namun, pembersihan jalan napas yang efektif dapat memperbaiki distribusi ventilasi paru sehingga mengurangi hambatan ventilasi dan memperbaiki efisiensi pernapasan. Efek terhadap hemodinamik bersifat kontekstual, tergantung kondisi volume intravaskular dan fungsi jantung pasien. (Hall & Hall, 2025).

2) Perbaikan oksigenasi dan penurunan beban kerja napas

Clapping dan vibration melonggarkan sekret, sedangkan suctioning mengeluarkan sekret dari jalan napas sehingga jalan napas menjadi paten. Kondisi ini meningkatkan ventilasi alveolar dan pertukaran gas, yang ditandai dengan peningkatan oksigenasi.

Perbaikan oksigenasi menurunkan hipoksemia yang sebelumnya memicu respons kompensasi berupa peningkatan frekuensi napas dan denyut jantung. Dengan demikian, RR dan nadi cenderung menuju nilai yang lebih stabil, disertai perbaikan tekanan darah (Hall & Hall, 2025).

3) Efek transient pada tanda-vital selama prosedur

Selama tindakan clapping, vibration, dan suctioning dapat terjadi respons sementara berupa fluktuasi SpO₂, nadi, dan tekanan darah akibat stimulasi vagal, nyeri, atau perubahan ventilasi-perfusi. Respons ini umumnya bersifat sementara dan kembali ke baseline setelah prosedur selesai, sehingga pemantauan hemodinamik selama dan setelah intervensi menjadi penting untuk mencegah dekompensasi (Hall & Hall, 2025).

2.5.2 Mekanisme Fisiologis Pengaruh Mobilisasi terhadap Hemodinamik

1. Perubahan distribusi darah akibat perubahan posisi

Mobilisasi pasif melalui elevasi kepala 30–45° (head of bed) dan perubahan posisi miring kanan–kiri menyebabkan redistribusi darah akibat pengaruh gravitasi. Perubahan ini menstimulasi respons kardiovaskular untuk mempertahankan tekanan darah, yang pada pasien stabil dapat meningkatkan adaptasi sirkulasi secara bertahap (Hall & Hall, 2025).

2. Stimulasi pompa otot dan peningkatan aliran balik vena

Perubahan posisi tubuh mengaktifkan pompa otot ekstremitas sehingga meningkatkan venous return ke jantung. Peningkatan aliran balik vena memperbaiki preload dan meningkatkan stroke volume,

yang berdampak pada stabilisasi tekanan darah dan penurunan respons kompensasi berupa takikardia (Hall & Hall, 2025).

3. Efek pada ventilasi perfusi dan *oksigen delivery*

Posisi kepala ditinggikan dan lateral positioning meningkatkan ekspansi paru bagian basal dan memperbaiki keseimbangan ventilasi-perfusi. Perbaikan oksigenasi ini menurunkan beban kerja jantung dan mengurangi kebutuhan kompensasi kardiovaskular, sehingga membantu menstabilkan nadi dan frekuensi pernapasan (John E. Hall, 2020).

2.5.3 Sinergi Fisioterapi Respirasi dan Mobilisasi Dini

1. *Complementary effects on oksigenasi dan perfusi*

Fisioterapi respirasi yang efektif (*airway clearance, recruitment*) membersihkan jalan napas dan meningkatkan ventilasi alveolar, sedangkan mobilisasi dini meningkatkan aliran balik vena melalui aktivasi pompa otot dan perubahan posisi tubuh. Kombinasi keduanya meningkatkan oxygen delivery (DO_2) melalui perbaikan ventilasi dan sirkulasi secara bersamaan (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023) .

2. Kompensasi terhadap efek negatif ventilasi tekanan positif

Pada pasien dengan ventilator mekanik, tekanan intratorakal yang tinggi dapat menurunkan venous return. Mobilisasi pasif membantu mengimbangi efek tersebut dengan meningkatkan aliran balik vena, sehingga terjadi keseimbangan antara ventilasi dan perfusi yang lebih baik (Hodgson, Stiller, & Needham, 2023).

3. Dampak terhadap status hemodinamik

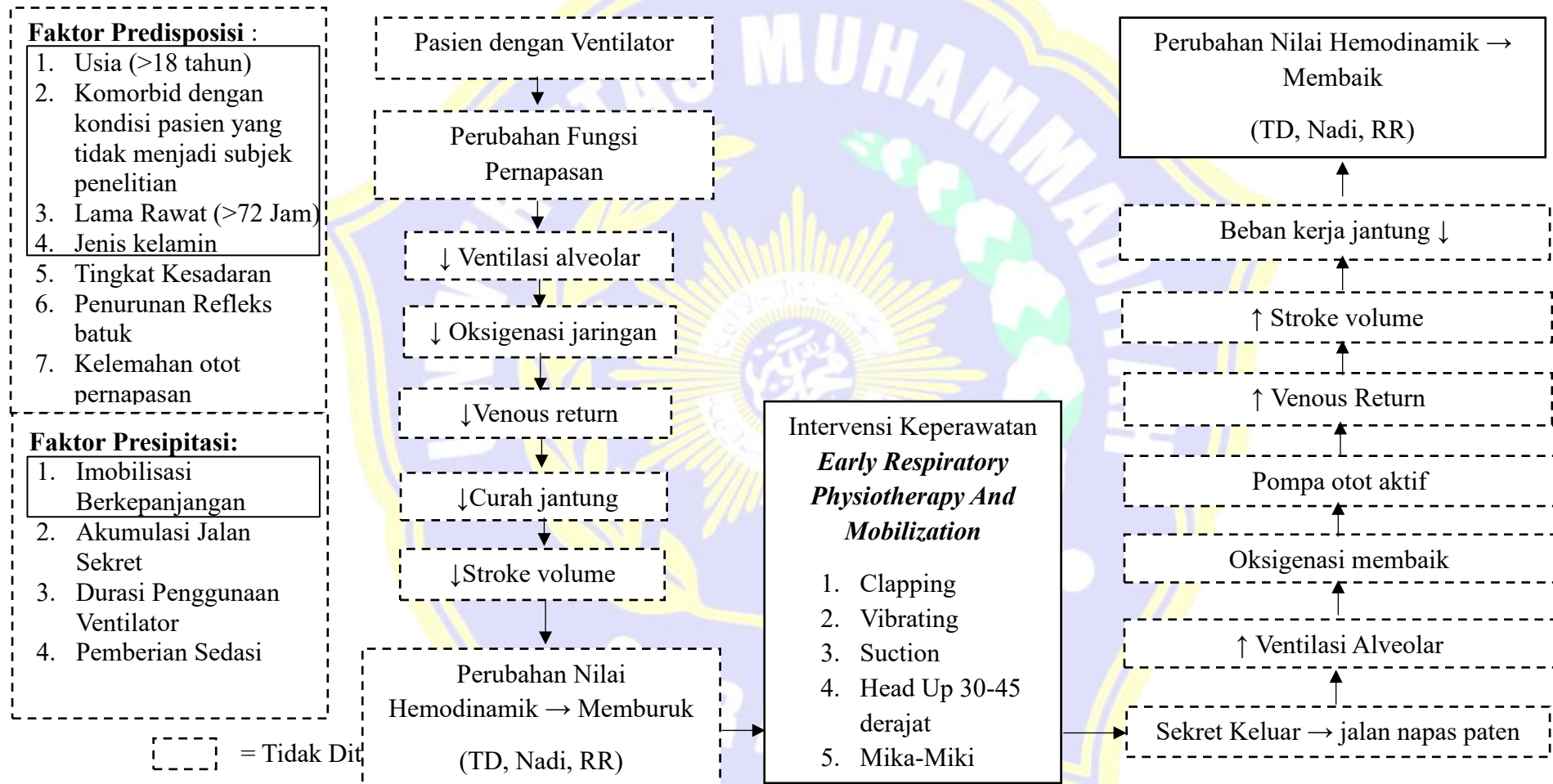
Melalui perbaikan oksigenasi dan peningkatan curah jantung fungsional, kombinasi fisioterapi respirasi dan mobilisasi dini menurunkan respons kompensasi tubuh terhadap hipoksemia dan perfusi yang buruk. Secara klinis, hal ini tercermin pada perbaikan tekanan darah, penurunan denyut nadi, dan penurunan frekuensi pernapasan sebagai indikator stabilitas status hemodinamik (Papazian et al., 2024).

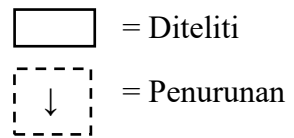
4. Asepek keselamatan dan implementasi protokol

Sinergi kedua intervensi hanya efektif jika dilakukan secara terstruktur dengan pemantauan ketat tanda vital. Urutan intervensi dimulai dari fisioterapi respirasi untuk memastikan jalan napas paten dan oksigenasi stabil, kemudian dilanjutkan mobilisasi dini apabila kondisi hemodinamik memungkinkan (Papazian et al., 2024).

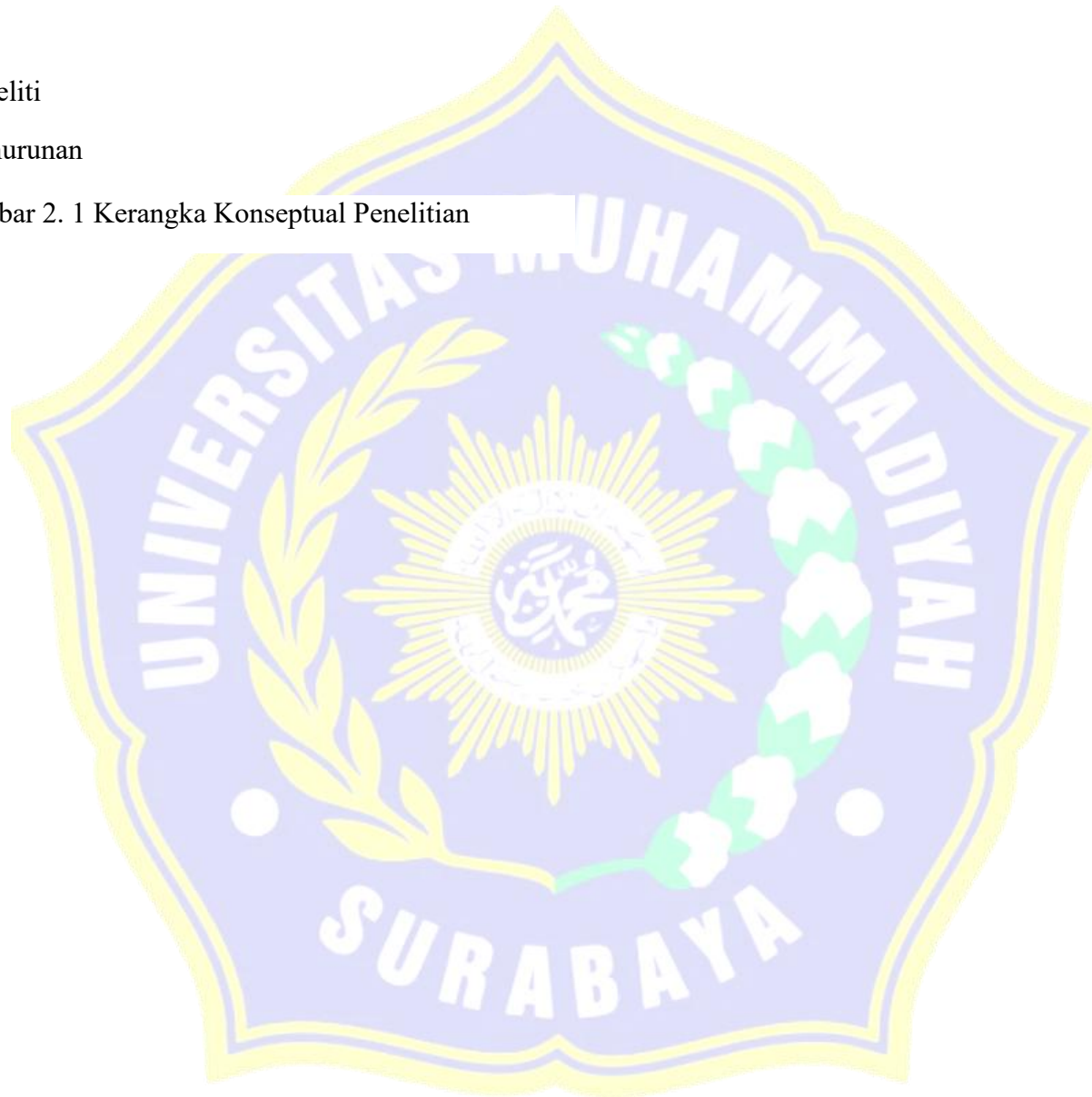
2.6 Kerangka Konsep

Kerangka konsep berdasarkan (Hall & Hall, 2025):





Gambar 2. 1 Kerangka Konseptual Penelitian



2.7 Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap masalah penelitian yang kebenarannya masih harus dibuktikan melalui pengumpulan dan analisis data. Hipotesis juga merupakan pernyataan yang memprediksi hubungan antara variabel penelitian (Notoatmodjo, 2018).

2.7.1 Hipotesis Nol

Tidak terdapat pengaruh *Early Respiratory Physiotherapy* dan *Mobilization* terhadap status hemodinamik pada pasien ICU dengan ventilator di RSUD Haji Surabaya.

2.7.2 Hipotesis Alternatif (H1)

Terdapat pengaruh *Early Respiratory Physiotherapy* dan *Mobilization* terhadap status hemodinamik pada pasien ICU dengan ventilator di RSUD Haji Surabaya.

