BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Ventilasi Mekanik

2.1.1. Konsep Dasar Ventilasi Mekanik

a. Pengertian

Ventilasi mekanik adalah suatu metode yang digunakan untuk membantu atau menggantikan fungsi pernapasan pasien yang mengalami gangguan pernapasan akut atau kronik dengan menggunakan mesin ventilator (Hudak & Gallo, 2014). Penggunaan ventilasi mekanik dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu secara invasif dengan memasukkan selang (tube) ke dalam trakea untuk menyalurkan udara pernapasan, dan secara *non*-invasif dengan menggunakan masker atau sungkup wajah tanpa memasukkan alat ke saluran napas (HIPERCI, 2014). Ventilasi mekanik adalah alat yang digunakan sebagai pengganti pernafasan spontan , baik secara invasif maupun *non* – invasif dengan alat yang digunakan adalh ventilator.

b. Tujuan

Terdapat tujuan fisiologis dan klinis dalam penggunaan ventilasi mekanik (HIPERCI, 2014)

1. Tujuan Fisiologis:

a) Memperbaiki ventilasi alveolar (PCO_2 dan pH)

b) Memperbaiki oksigenasi arteri (PO_2, saturasi dan CaO_2)

c) Meningkatkan inflasi paru akhir inspirasi

d) Meningkatkan FRC (Kapasitas residu fungsional)

e) Menurunkan kerja otot-otot pernafasan (Work of Breathing)

2. Tujuan Klinis:

a) Koreksi asidosis respiratorik akut (Life threatening acidemia)

b) Koreksi hipoksemia (meningkatkan PaO_2; Saturasi > 90% atau PaO_2 > 60 mmHg, untuk mencegah hipoksia jaringan)

c) Menghilangkan *respiratory distress*

d) Mencegah dan mengembalikan *atelektasis*

e) Menghilangkan kelelahan otot bantu napas

f) Untuk fasilitasi akibat pemberian sedasi yang dalam atau pelumpuh otot

g) Menurunkan konsumsi oksigen miokard atau sistemik (ARDS, syok kardiogenik)

h) Menurunkan tekanan intrakranial (hiperventilasi) pada trauma kepala tertutup

c. Indikasi Pemasangan Ventilasi Mekanik

Terdapat beberapa indikasi dalam pemasangan ventilasi mekanik (Syapitri et al., 2025),

1. Gagal Nafas

Pasien yang mengalami henti napas (apnea), kegagalan pernapasan, atau kadar oksigen dalam darah yang tetap rendah meskipun telah diberikan terapi oksigen, memerlukan intervensi ventilasi mekanik.

Sebaiknya, alat bantu napas ini sudah terpasang sebelum kondisi gagal napas benar-benar terjadi. Gangguan pernapasan dapat timbul akibat kerusakan jaringan paru seperti pada pneumonia, atau akibat lemahnya otot-otot pernapasan seperti pada kasus distrofi otot.

2. Masalah Kardiovaskuler

   Pada pasien dengan syok kardiogenik atau gagal jantung kongestif, ventilasi mekanik dapat digunakan untuk mengurangi beban kerja sistem pernapasan, sehingga tekanan kerja jantung pun turut berkurang.

3. Gangguan Fungsi Neurologis

   Ventilator dibutuhkan pada pasien dengan tingkat kesadaran menurun (GCS ≤ 8) yang berisiko mengalami henti napas berulang. Tujuan penggunaannya adalah menjaga kelangsungan jalan napas dan memungkinkan pemberian hiperventilasi, terutama pada pasien dengan tekanan intrakranial yang meningkat.

4. Operasi dan Pemberian Sedasi

   Saat menjalani prosedur pembedahan yang memerlukan sedasi atau anestesi umum, pasien berisiko mengalami gangguan pernapasan. Oleh karena itu, ventilasi mekanik digunakan untuk memastikan pernapasan tetap terjaga selama prosedur berlangsung.

d. Komplikasi Pemasangan Ventilasi Mekanik

   Pemasangan ventilasi mekanik dapat terjadi beberapa komplikasi diantaranya (HIPERCI, 2014):

1. Gangguan Hemodinamik

   Dalam kondisi normal, tekanan intratorakal mengalami perubahan saat proses inspirasi dan ekspirasi dengan rentang antara -3 hingga -5 cm H_2O saat inspirasi, dan +3 hingga +5 cm H_2O saat ekspirasi. Bila digunakan ventilasi tekanan positif, tekanan di dalam rongga dada akan meningkat, yang bisa menghambat aliran balik vena ke atrium dan menurunkan curah jantung.

2. Barotrauma dan Volutrauma

   Barotrauma adalah cedera paru akibat pecahnya alveoli karena tekanan jalan napas yang berlebihan atau pengembangan alveoli yang terlalu tinggi. Hal ini dapat menyebabkan masuknya udara ke jaringan paru-paru seperti pneumotoraks, pneumomediastinum, dan emfisema subkutan. Volume trauma terjadi akibat tekanan tinggi yang disebabkan oleh volume ventilasi berlebihan, terutama pada pasien dengan ARDS.

3. Pneumonia Terkait Ventilator (VAP)

   VAP merupakan infeksi yang sering muncul selama penggunaan ventilator dan dapat meningkatkan angka kesakitan dan kematian. Pencegahannya fokus pada upaya menghindari kolonisasi dan masuknya bakteri ke saluran napas bawah.

4. Malfungsi Ventilator

   Malfungsi terjadi bila alat ventilasi tidak bekerja secara optimal, sering kali karena pengaturan alarm yang tidak sesuai atau sistem mekanik yang bermasalah.

e. Jenis Ventilasi Mekanik

Terdapat dua jenis ventilasi mekanik(Syapitri et al., 2025)

1. Ventilator tekanan negative

Dulu dikenal sebagai *iron lung* atau “paru-paru besi”, bekerja dengan menciptakan tekanan negatif di sekitar tubuh pasien untuk memperluas rongga dada dan memicu proses inspirasi, meniru mekanisme pernapasan alami. Desain ventilator ini menyerupai rumah kura-kura atau kubah yang menutupi bagian dada pasien. Kubah ini dihubungkan ke alat pembuat tekanan negatif, yang secara manual mengaktifkan inspirasi melalui sistem pemicu (*trigger*). Keuntungan utama dari alat ini adalah kesesuaiannya dengan fisiologi pernapasan normal. Namun demikian, penggunaannya terbatas karena keterbatasan dalam mobilitas pasien dan posisi tubuh saat alat digunakan, yang menyulitkan perawatan berkelanjutan.

2. Ventilator tekanan positif

a) *Ventilator Pressure-Cycled* (Siklus Tekanan)

Jenis ventilator ini menghentikan fase inspirasi ketika tekanan tertentu telah tercapai. Setelah itu, katup inspirasi tertutup dan *ekshalasi* terjadi secara pasif.. Namun, volume udara yang diberikan bisa berubah-ubah tergantung pada kondisi paru pasien. Bila paru menjadi kaku (komplians menurun), volume tidal (VT) yang diterima pasien bisa turun drastis. Oleh karena itu, pada pasien dengan status paru yang tidak stabil, jenis ventilator ini kurang

direkomendasikan. Namun, pada pasien dengan paru yang stabil, ventilator ini bisa efektif dan bahkan digunakan untuk proses *weaning* pada kasus tertentu.

b) *Ventilator Time-Cycled* (Siklus Waktu)

Jenis ventilator ini mengakhiri inspirasi berdasarkan durasi waktu yang telah ditentukan. Durasi inspirasi dan ekspirasi diatur oleh jumlah napas per menit dan pengaturan waktu inspirasi. Umumnya digunakan rasio inspirasi-ekspirasi (I:E) sebesar 1:2.

c) *Ventilator Volume-Cycled* (Siklus Volume)

Ini adalah jenis ventilator yang paling sering digunakan di unit perawatan intensif (ICU). Inspirasi akan berhenti setelah volume udara tertentu berhasil diberikan ke paru pasien. Keunggulan utamanya adalah dapat memberikan volume tidal yang konsisten, meskipun terjadi perubahan pada komplians paru pasien. Hal ini menjadikannya sangat andal dalam menjaga ventilasi menit yang stabil.

f. Mode Ventilasi Mekanik

1. *Control Mode*

Terdiri dari *pressure control* dan *volume control*. Karakteristik utama mode ini adalah ventilasi dimulai atau dipicu berdasarkan waktu (time-trigger), dengan pengaturan target atau batas yang bisa berupa volume atau tekanan. Ventilasi berjalan secara siklik dan diakhiri berdasarkan waktu (time-cycled), sehingga volume atau

tekanan serta laju pernapasan (RR) dikendalikan sepenuhnya oleh ventilator.

2. *Assisted mode*

   Assisted mode terdiri dari *Assisted Volume Mode* dan *Assisted Pressure Mode*, di mana ventilasi dimulai (trigger) oleh usaha napas pasien, yaitu saat terjadi penurunan tekanan jalan napas, sehingga disebut juga *pasien-triggered ventilation*. Target atau batas pengaturan bisa berupa volume atau tekanan, dan siklus ventilasi dikendalikan oleh aliran (flow-cycled). Pada mode ini, frekuensi napas (RR) dapat melebihi pengaturan yang ditetapkan, karena setiap usaha napas dari pasien akan dibantu oleh ventilator.

3. SIMV (Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation)

   Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation adalah mode ventilasi mekanik di mana ventilator memberikan napas kontrol (mandatory) secara berkala, namun tetap membiarkan pasien bernapas spontan di antara napas kontrol tersebut. Karakteristik utama SIMV adalah napas dimulai (trigger) oleh pasien, target atau batas dikontrol oleh volume atau tekanan, dan siklus ventilasi diakhiri oleh aliran (flow-cycled). Pengaturan yang dapat disesuaikan meliputi tidal volume atau tekanan, laju napas (RR), PEEP, FiO_2, dan level *pressure support* (PS). Pada SIMV, satu siklus terdiri dari periode napas *mandatory* (kontrol) dan periode napas spontan.

4. *Spontan Mode*

Pressure Support (PS) / CPAP adalah mode ventilasi di mana seluruh siklus napas dikendalikan oleh pasien sendiri. Ventilasi dimulai (trigger) berdasarkan usaha napas pasien, dan target atau batas tekanan ditentukan oleh level tekanan yang telah diatur sebelumnya. Siklus napas akan berhenti (cycled) secara otomatis saat terjadi penurunan aliran inspirasi (peak flow) sebesar 25% dari puncaknya, sesuai dengan pengaturan pabrik. Pada mode ini, pasien masih bernapas spontan, namun mendapat bantuan sebagian selama fase inspirasi.

(HIPERCI, 2014).

g. Pengkajian dan Perawatan Pasien yang Terpasang Ventilasi Mekanik

Pasien yang memerlukan bantuan ventilator juga membutuhkan perencanaan keperawatan yang menyeluruh. Perawatan di ruang intensif, penggunaan ventilator mekanik, dan prosedur intubasi dapat menjadi sumber stres psikologis yang signifikan. Ketidakmampuan untuk berkomunikasi secara verbal akibat intubasi sering menimbulkan rasa frustrasi dan kecemasan (Syapitri et al., 2025). Pengkajian yang dapat dilakukan dapat dilakukan dengan persistem, status immunologis sampai peralatan yang akan digunakan. Implementasi keperawatan mencangkup meningkatkan oksigenasi dan ventilasi spontan, mempertahankan patensi jalan nafas, meningkatkan komunikasi, mencegah terjadinya kompilkasi,

mempertahankan mobilisasi yang optimal, menurunkan kecemasan dan dorongan psikososial (HIPERCI, 2014).

2.1.2. Konsep Dasar Intubasi

Intubasi adalah prosedur medis di mana sebuah tabung, biasanya tabung endotrakeal, dimasukkan ke dalam trakea melalui mulut atau hidung untuk menjaga jalan napas tetap terbuka dan memungkinkan pemberian ventilasi tekanan positif. Tabung ini memiliki panjang sekitar 25–35 cm, diameter internal 5–10 mm, dan dilengkapi dengan *cuff* (balon) di ujungnya yang berfungsi menyegel trakea agar udara tidak bocor dan tekanan tetap terjaga.

Ventilasi dapat dilakukan melalui tabung endotrakeal atau trakeostomi. Meskipun efektif, prosedur ini dapat menimbulkan komplikasi akibat jalur masuk tabung dan tekanan *cuff* terhadap mukosa trakea. Volume tabung berkisar 35–45 mL, yang setara dengan sekitar setengah *dead space* anatomi pada orang dewasa, namun penurunan *dead space* ini tidak memiliki dampak klinis yang signifikan (Marino, 2017).

2.1.3. Konsep Dasar Weaning

Weaning ventilasi mekanik merupakan proses bertahap dalam melepaskan pasien dari ketergantungan terhadap alat bantu pernapasan (ventilator), dengan tujuan untuk mengembalikan fungsi pernapasan secara mandiri. Proses ini melibatkan dua tahap utama, yaitu penghentian dukungan dari mesin ventilator dan dilanjutkan dengan pelepasan tabung

endotrakeal. Kedua tahap ini harus dilakukan secara hati-hati untuk memastikan bahwa pasien benar-benar siap secara klinis untuk bernapas tanpa bantuan alat (Turiman, 2023). Pengurangan dukungan ventilator dilakukan secara bertahap untuk mempersiapkan pasien menuju pernapasan mandiri.

Proses penyapihan dari ventilasi mekanik sebenarnya diawali dengan uji coba spontan bernapas (Spontaneous Breathing Trial/SBT), dan penentuan waktu yang tepat untuk memulai uji ini serta melakukan ekstubasi sangat berperan penting terhadap prognosis pasien. Jika ekstubasi dilakukan terlalu dini dan pasien ternyata masih memerlukan bantuan napas, maka kemungkinan untuk dilakukan intubasi ulang meningkat, yang dapat menyebabkan infeksi nosokomial seperti pneumonia dan memperpanjang masa perawatan di ICU. Sebaliknya, jika ventilator dipertahankan terlalu lama, risiko komplikasi akibat penggunaan ventilator berkepanjangan juga meningkat. Oleh karena itu, penyapihan yang cepat dan efisien serta meminimalkan durasi pemakaian ventilator merupakan faktor penting yang berhubungan langsung dengan keberhasilan ekstubasi dan kelangsungan hidup pasien (Maya, 2023). Penyapihan ventilasi mekanik dilakukan melalui uji coba pernapasan spontan (Spontaneous Breathing Trial/SBT) pada pasien yang telah memenuhi syarat untuk weaning. Uji ini dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu menggunakan *T-piece* atau *Pressure Support Ventilation* (PSV) dengan tingkat tekanan yang rendah (H. Poor & Poor, 2018).

Protokol *weaning* dimulai setelah keberhasilan uji napas spontan (Spontaneous Ventilation / SV) selama 30 menit dengan *pressure support* (PS). Setiap 3 jam, PS diturunkan sebesar 2 cmH_2O, fraksi oksigen inspirasi (FiO_2) sebesar 5%, dan *positive end-expiratory pressure* (PEEP) sesuai protokol yang telah ditetapkan (Moussanang, et.al., 2025).

Berdasarkan H. Poor & Poor., (2018) indikasi kesiapan pasien untuk dilakukan *weaning* adalah:

a. Perbaikan yang signifikan penyebab gagal nafas baik dengan terapi ataupun dengan waktu (misalnya hilangnya obat penenang).
b. Oksigenasi yang cukup dengan FiO_2 minimal menghasilkan saturasi Oksigen di atas 95%.
c. Kemampuan untuk memulai nafas secara spontan.

2.1.4. Konsep Dasar Ekstubasi

Ekstubasi merupakan suatu tindakan medis yang dilakukan untuk mengeluarkan atau melepaskan tabung endotrakeal (ETT) dari trakea atau saluran napas pasien, yang sebelumnya telah dipasang sebagai bagian dari terapi ventilasi mekanik guna mendukung atau menggantikan fungsi pernapasan pasien yang mengalami gangguan respirasi. Prosedur ini dilakukan ketika pasien dinilai telah mampu bernapas secara mandiri, memiliki fungsi jalan napas yang adekuat, dan tidak lagi memerlukan bantuan alat ventilator. Keputusan untuk ekstubasi harus didasarkan pada evaluasi menyeluruh oleh tim medis, mencakup status kesadaran,

kemampuan batuk dan menelan, hasil uji pernapasan spontan (Spontaneous Breathing Trial/SBT), serta stabilitas gas darah arteri.

Ekstubasi yang berhasil menandakan kemajuan signifikan dalam proses pemulihan pasien, namun juga tetap memiliki risiko apabila dilakukan terlalu dini atau tanpa persiapan yang tepat, seperti gagal napas ulang, aspirasi, hingga kebutuhan reintubasi. Oleh karena itu, prosedur ekstubasi memerlukan perencanaan yang matang, pengawasan ketat, serta penilaian klinis yang akurat untuk memastikan keselamatan dan keberhasilan terapi pasien.

Kriteria ekstubasi menurut Vallverdu et.,al :

a. Mampu mempertahankan pasokan oksigen normal ke dalam darah, mempertahankan rasio PaO_2 dan FiO_2 diatas 150 dan 200 dengan keberadaan O2 dalam campuran yang dihirup tidak lebih dari 40-50% dan nilai PEEP tidak lebih dari 5-8 mbar,
b. Mampu menjaga reaksi lingkungan darah arteri dan tingkat karbon dioksida pada pernafasan dalam nilai yang dapat diterima,
c. Berhasil melewati tes pernapasan spontan (30-120 menit dengan PEEP 5 mbar, dengan tekanan dukungan rendah 5-7 mbar, dengan pertukaran gas yang memadai dan hemodinamik yang stabil),
d. Laju pernapasan spontan selama ekstubasi tidak melebihi 35 per menit (pada orang dewasa),
e. Norma kekuatan otot-otot pernapasan ditentukan,
f. Tekanan inspirasi negatif maksimum melebihi 20-30 mbar,

g. Kapasitas vital paru-paru melebihi 10 ml per kilogram (untuk bayi baru lahir – 150 ml per kilogram),
h. Indeks tekanan *transphrenic* kurang dari 15% dari maksimum selama pernapasan spontan,
i. Laju ventilasi spontan per menit untuk orang dewasa pada saat menghembuskan napas adalah 10 ml per kilogram,
j. Kepatuhan dinding dada melebihi 25 ml/cm,
k. Fungsi pernafasan kurang dari 0,8 J/l,
l. Tekanan darah rata-rata melebihi 80 mmHg.

Tindakan ekstubasi dapat memicu gangguan anatomi dan fisiologis yang dalam beberapa kasus berpotensi meningkatkan angka morbiditas dan mortalitas. Permasalahan selama proses ekstubasi umumnya muncul pada pasien dengan risiko tinggi, yang berkaitan dengan teknik. pelaksanaannya serta dapat diperparah oleh kondisi klinis pasien itu sendiri (Adiyanto et al., 2023). Dalam beberapa kondisi, kegagalan ekstubasi dapat terjadi, yang didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk mempertahankan pernapasan spontan setelah pelepasan dukungan ventilasi sehingga reintubasi diperlukan dalam waktu 72 jam. (Lina Virfa, Denissa Faradita Aryani, 2023). Penelitian Beigmohammadi et al. (2015) menyatakan, efek merugikan terhadap sistem pernapasan setelah tindakan ekstubasi meliputi ventilasi yang tidak adekuat, obstruksi jalan napas, spasme bronkus, serta aspirasi serta gangguan respirasi serius segera setelah ekstubasi (Waladani et al., 2016).

Faktor-faktor yang meningkatkan risiko dan menjadi penyebab utama kegagalan ekstubasi diantaranya, usia yang lanjut, adanya penyakit kronis seperti gangguan jantung dan paru-paru, lama penggunaan ventilator, kelainan atau gangguan neurologis, tingginya kadar karbondioksida dalam darah (hiperkapnia), akumulasi cairan berlebih, serta penyumbatan pada saluran napas bagian atas (Kulkarni & Agarwal, 2008). Dua belas faktor secara signifikan berhubungan dengan kegagalan ekstubasi meliputi usia, riwayat penyakit jantung, riwayat penyakit pernapasan, skor *Simplified Acute Physiologic Score II*, pneumonia, durasi ventilasi mekanis, denyut jantung, *Rapid Shallow Breathing Index*, gaya inspirasi negatif, rasio PaO2/FiO2 yang lebih rendah, kadar hemoglobin yang lebih rendah sebelum ekstubasi, dan *Glasgow Coma Scale* yang lebih rendah sebelum ekstubasi, dengan faktor terbaru memiliki hubungan terkuat dengan luaran ekstubasi, sebaliknya, indeks massa tubuh yang lebih tinggi dikaitkan dengan keberhasilan ekstubasi. (Torrini et al., 2021). Faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan ekstubasi antara lain keseimbangan cairan positif serta batuk yang tidak efektif atau ketidakmampuan membersihkan jalan napas, yang menjadi indikator risiko reintubasi (Arcanjo &Beccaria, 2023).

2.2. Faktor – Faktor Yang Berhubungan Dengan Kegagalan Ekstubasi

2.2.1. Usia

Usia adalah waktu yang dihitung sejak seseorang dilahirkan sampai waktu tertentu yang digunakan untuk mengelompokkan individu

berdasarkan tahap perkembangan biologis, psikologis, dan sosial. Pada proses ini seseorang akan mengalami penuaan (Kemenkes RI, 2018). Penuaan berhubungan dengan penurunan fungsi fisiologis yang menjadi salah satu faktor risiko terhadap perkembangan penyakit kronis (Kartika et al., 2022).

Perubahan fisiologis yang terjadi pada lansia dapat memengaruhi status kesehatan dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit, khususnya gangguan sistem pernapasan. Seiring bertambahnya usia, terjadi penurunan kemampuan sistem pertahanan tubuh dalam melawan infeksi, sehingga risiko komplikasi pernapasan meningkat. Perubahan tersebut meliputi berkurangnya elastisitas paru, peningkatan ketidakseimbangan antara ventilasi dan perfusi, penurunan kelenturan dinding dada akibat perubahan otot dan struktur rangka, serta menurunnya efisiensi pertukaran gas. Selain itu, kekuatan dan daya tahan otot pernapasan menurun, begitu pula refleks batuk dan menelan. Semua faktor ini menyebabkan lansia lebih rentan mengalami gangguan jalan napas dan komplikasi seperti pneumonia aspirasi, yang pada akhirnya dapat mengharuskan penggunaan ventilasi mekanik (Kartika et al., 2022).

Kategori umur menurut Kementrian Kesehatan Republik Indonesia:

Tabel. 2.1
Kategori umur menurut Kementrian Kesehatan Republik Indonesia

Kategori Usia	Rentang Usia
Bayi dan balita	< 5 tahun
Anak-anak	5 – 9 tahun
Remaja	10 – 18 tahun
Dewasa	18 – 59 tahun
Lansia	≥ 60 tahun

2.2.2. Penyakit Jantung

Jantung berperan sebagai pompa utama yang bertugas mengalirkan darah beroksigen ke seluruh bagian tubuh. Apabila terjadi kelainan pada struktur jantung, seperti pada katup, otot, atau pembuluh darah, maupun gangguan pada fungsi listriknya, maka kemampuan jantung dalam memompa darah akan menurun, kondisi ini dikenal sebagai masalah atau penyakit jantung. Penyakit jantung sebagai suatu sindrom klinis yang ditandai oleh munculnya gejala dan/atau tanda-tanda yang timbul akibat adanya kelainan struktural dan/atau fungsional pada jantung, yang dipastikan melalui peningkatan kadar peptida natriuretik dan/atau bukti objektif terjadinya kongesti pulmonal maupun sistemik (Gibson et al., 2021).

Disfungsi kardiovaskular merupakan salah satu faktor penting yang dapat menyebabkan maupun memperberat kegagalan dalam proses penyapihan pasien dari ventilasi mekanik. Kondisi ini terjadi ketika jantung tidak mampu beradaptasi dengan peningkatan beban kerja yang muncul

selama proses penyapihan, seperti peningkatan kebutuhan oksigen dan perubahan tekanan intratorakal. Disfungsi ventrikel kiri, anemia, kebutuhan transfusi darah dalam jumlah besar, serta gangguan ginjal merupakan faktor risiko penting yang dapat memengaruhi keberhasilan ekstubasi. Selama transisi dari ventilasi bantuan ke napas spontan, jantung mengalami peningkatan beban kerja yang berfungsi seperti uji stres kardiovaskular. Pada beberapa pasien, kondisi ini dapat memicu terjadinya iskemia miokard akut maupun gagal jantung akut, yang pada akhirnya meningkatkan risiko kegagalan ekstubasi (Torrini et al., 2021)

Selama penyapihan, beban kerja jantung meningkat karena pasien mulai bernapas spontan tanpa bantuan penuh dari ventilator. Jika terdapat gangguan pada fungsi pompa jantung atau sirkulasi darah, maka terjadi ketidakseimbangan antara suplai dan kebutuhan oksigen jaringan, yang pada akhirnya dapat memicu gagal napas atau reintubasi. Penanganan yang tepat berdasarkan mekanisme dasar gangguan kardiovaskular dapat membantu jantung menyesuaikan diri secara lebih efektif terhadap perubahan beban selama penyapihan (Routsi et al., 2019).

2.2.3. Penyakit Paru - Paru

Paru-paru berperan sebagai tempat pertukaran gas, yaitu menyerap oksigen dari udara untuk disebarkan ke seluruh tubuh dan mengeluarkan karbondioksida (CO_2) dari darah dan apabila terdapat kelainan organ maupun fungsi , dapat dikatakan sebagai masalah atau penyakit paru. Penyakit paru adalah kondisi medis yang memengaruhi struktur atau fungsi

sistem pernapasan, terutama paru-paru dan saluran napas, sehingga mengganggu proses pertukaran gas antara oksigen dan karbon dioksida. Gangguan ini dapat berupa obstruksi, restriksi, inflamasi, infeksi, atau kelainan jaringan paru yang menyebabkan penurunan kapasitas ventilasi dan oksigenasi tubuh (Latona Sidarta & Rasmin, 2024).

Di antara berbagai penyebab dan mekanisme patofisiologis yang dapat mengganggu proses penyapihan dari ventilasi mekanik, kegagalan sistem pernapasan merupakan faktor yang paling umum terjadi. Kondisi ini umumnya disebabkan oleh ketidakseimbangan antara beban pernapasan dan kapasitas otot pernapasan. Selama proses penyapihan, pasien harus kembali mengambil alih fungsi ventilasi secara mandiri. Apabila beban pernapasan meningkat, sementara kekuatan otot pernapasan atau kapasitas paru menurun, maka akan terjadi kelelahan otot pernapasan yang berujung pada kegagalan penyapihan. Selain itu, faktor lain seperti gangguan pertukaran gas, resistensi jalan napas yang meningkat, serta kepatuhan paru yang menurun juga dapat memperburuk kondisi ini (Routsi et al., 2019).

2.2.4. Denyut Jantung

Denyut jantung adalah jumlah detakan atau kontraksi jantung dalam satu menit. Siklus jantung terdiri atas dua fase utama, yaitu fase diastol, yakni saat jantung berelaksasi dan terisi darah, serta fase sistole, yaitu saat jantung berkontraksi untuk memompa darah ke seluruh tubuh. Lama waktu satu siklus jantung—yang mencakup kedua fase tersebut—berbanding terbalik dengan frekuensi denyut jantung. Dengan kata lain, semakin tinggi denyut jantung, semakin singkat durasi setiap siklus, baik pada fase

relaksasi maupun kontraksi. Akibatnya, ketika jantung berdetak terlalu cepat, waktu relaksasi menjadi terlalu singkat sehingga ruang jantung tidak sempat terisi darah secara optimal sebelum kontraksi berikutnya terjadi (Guyton & Hall, 2011).

Istilah bradikardia mengacu pada kondisi di mana detak jantung berlangsung lebih lambat dari normal, yaitu kurang dari 60 denyut per menit. Sebaliknya, takikardia menggambarkan keadaan di mana detak jantung meningkat melebihi 100 denyut per menit. Kedua kondisi ini menunjukkan adanya perubahan pada irama atau frekuensi denyut jantung yang dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis maupun patologis terjadi (Guyton & Hall, 2011).

Variabilitas denyut jantung (HRV) yang rendah diketahui memiliki keterkaitan dengan kondisi kesehatan yang kurang baik, seperti penyakit arteri koroner, peningkatan angka morbiditas, serta mortalitas. Meskipun demikian, berdasarkan hasil tinjauan pustaka, terdapat beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa HRV yang tinggi juga dapat berhubungan dengan luaran ekstubasi yang kurang baik (Cho et al., 2025).

2.2.5. Keseimbangan Cairan

Keseimbangan cairan adalah kondisi di mana jumlah cairan yang masuk ke dalam tubuh seimbang dengan jumlah cairan yang keluar, sehingga volume dan komposisi cairan tubuh tetap normal untuk mendukung fungsi fisiologis. Keseimbangan cairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu asupan cairan yang berasal dari minuman, makanan,

dan hasil metabolisme tubuh, pengeluaran cairan melalui urine, keringat, pernapasan, serta feses dan mekanisme pengaturan yang melibatkan rasa haus, fungsi ginjal, serta hormon seperti *antidiuretik* (ADH) dan *aldosterone* (Kemenkes RI, 2016).

Ketidakseimbangan isotonik merupakan kondisi gangguan cairan tubuh tanpa perubahan kadar elektrolit serum. Kekurangan volume cairan dapat terjadi akibat kehilangan cairan melalui saluran *gastrointestinal* seperti muntah dan diare, perdarahan, penggunaan obat diuretik, keringat berlebih, demam, serta penurunan asupan cairan secara per oral. Sebaliknya, kelebihan volume cairan tanpa perubahan kadar elektrolit dapat ditemukan pada kondisi seperti gagal jantung kongestif, gagal ginjal, dan sirosis hati. Selain itu, terdapat sindrom ruang ketiga, yaitu perpindahan cairan ekstrasel ke suatu rongga tubuh sehingga terperangkap di dalamnya, seperti pada kasus obstruksi usus dan luka bakar, yang dapat menyebabkan kehilangan cairan sebanyak 5–10 liter dari ruang ekstrasel (Kemenkes RI, 2016).

Pada pasien yang terpasang ventilasi mekanik dengan keseimbangan cairan positif berisiko mengalami peningkatan kebocoran kapiler, penumpukan cairan di paru-paru *ekstravaskular*, serta penurunan elastisitas paru. Kondisi ini dapat memicu kegagalan pernapasan, baik selama *spontaneous breathing trial* maupun segera setelah ekstubasi. Kelebihan cairan tersebut menimbulkan kongesti paru yang menghambat proses difusi melalui membran alveolar-kapiler, sehingga menyebabkan hipoksemia, meningkatkan beban kerja pernapasan, dan pada akhirnya berkontribusi terhadap kegagalan ekstubasi (Arcanjo & Beccaria, 2023).

2.2.6. Durasi Penggunaan Ventilasi Mekanik

Durasi pemakaian ventilasi mekanik mengacu pada jangka waktu seorang pasien menerima bantuan pernapasan melalui alat bantu ventilator. Lamanya penggunaan ini dapat berbeda-beda, tergantung pada kondisi medis pasien, penyebab utama gangguan pernapasan, respons terhadap pengobatan, serta adanya komplikasi yang menyertainya. Menurut beberapa penelitian, durasi penggunaan ventilasi mekanik dibagi menjadi dua yaitu, *short-term* (durasi singkat) jika ≤ 96 jam (4 hari) dan *long-term* (durasi panjang) jika >96 jam.

Sekitar 30% dari seluruh pasien yang menjalani ventilasi mekanik mengalami kesulitan dalam proses penyapihan, yang kemudian digolongkan sebagai penggunaan ventilasi mekanik jangka panjang (*prolonged mechanical ventilation*). Kondisi ini menunjukkan bahwa lama penggunaan ventilator serta jenis mode ventilasi yang digunakan dapat memengaruhi timbulnya disfungsi otot diafragma (Maya, 2023). Selain itu, sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa durasi penggunaan ventilator merupakan salah satu faktor utama yang memicu terjadinya *Ventilator-Associated Pneumonia* (VAP). Pada pasien yang menjalani ventilasi mekanik, risiko VAP cenderung meningkat seiring bertambahnya waktu penggunaan ventilator, dengan laju kejadian yang bervariasi sepanjang periode pemakaian (Suryani, 2018).

Ventilator-Associated Pneumonia (VAP) secara umum didefinisikan dalam berbagai literatur sebagai infeksi pneumonia yang muncul paling tidak 48 jam setelah pasien mendapatkan ventilasi mekanik invasif melalui

intubasi endotrakeal atau trakeostomi. Penegakan diagnosis biasanya didasarkan pada temuan klinis dan radiologis. VAP diketahui berdampak besar terhadap lamanya penggunaan ventilator di ICU, meningkatnya biaya perawatan, serta risiko kematian pada pasien (Wittler, 2023)

2.2.7. Status Nutrisi

Gizi merupakan komponen utama kimia dalam pangan yang dibutuhkan untuk menjaga kenormalan fungsi tubuh, hidup sehat, cerdas dan produktif (Kemenkes RI, 2023). Status gizi merupakan indikator pencapaian kecukupan nutrisi pada seseorang, yang terlihat dari berat dan tinggi badan. Selain itu, status gizi juga menggambarkan kondisi kesehatan yang dipengaruhi oleh keseimbangan antara asupan nutrisi dan kebutuhan tubuh (Kemenkes RI, 2023).

Malnutrisi merupakan kondisi patologis yang terjadi akibat kekurangan atau kelebihan satu atau lebih zat gizi, baik secara relatif maupun absolut. Malnutrisi dibagi menjadi empat jenis utama, yaitu:

a. *Under nutrition*, yakni kekurangan asupan makanan dalam jangka waktu tertentu,
b. *Specific deficiency*, yaitu kekurangan zat gizi tertentu,
c. *Over nutrition*, yaitu kelebihan asupan makanan selama periode tertentu, dan
d. *Imbalance*, yaitu ketidakseimbangan komposisi zat gizi, misalnya gangguan kolesterol akibat ketidakseimbangan lemak tubuh.

Malnutrisi tidak selalu berarti kekurangan gizi, tetapi juga mencakup kelebihan dan ketidakseimbangan nutrisi (Kemenkes RI, 2016). Dalam penilain status gizi maupun nutrisi terdapat beberapa alat ukur, salah satunya Adalah antropometri. Antropometri merupakan metode yang digunakan untuk menilai ketidakseimbangan asupan protein dan energi, seperti karbohidrat dan lemak. Metode ini memiliki berbagai keunggulan, seperti alat ukur yang sederhana, biaya yang relatif murah, dapat dilakukan secara berulang, aman, serta mampu menggambarkan riwayat gizi masa lalu. Namun, kelemahannya antara lain tidak spesifik terhadap zat gizi tertentu, rentan terhadap kesalahan pengukuran, dan dapat dipengaruhi oleh kondisi non-gizi seperti penyakit. Penilaian status gizi melalui antropometri dilakukan dengan mengukur beberapa parameter seperti umur, berat badan, tinggi badan, lingkar lengan atas, lingkar kepala, lingkar dada, serta jaringan lemak bawah kulit. Parameter tunggal tidak cukup akurat, diperlukan kombinasi beberapa pengukuran yang dikenal sebagai indeks antropometri, seperti BB/U, TB/U, BB/TB, LLA/U, dan IMT. Untuk menentukan status gizi, hasil pengukuran dibandingkan dengan tabel referensi yang menunjukkan batas normal dan kategori status gizi (Kemenkes RI, 2016).

Pengukuran tinggi dan berat badan adalah salah satu indikator penting dalam menilai status gizi. Setelah kedua data tersebut diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan Indeks Massa Tubuh (IMT) sebagai alat evaluasi status gizi (Kemenkes RI, 2023). Pada pengukuran berat badan (BB) pada pasien ICU tentunya mengalami kesulitan pada pengukuran berat badan pasien, oleh karena itu peneliti melakukan pengukuran berat badan

melalui perkiraan pengukuran dengan menggunakan lingkar lengan atas (LiLa).

Rumus IMT

Berat Badan (Kg)

Tinggi badan (m) x tinggi badan (m)

(RI, 2018)

Klasifikasi IMT menurut Kementrian Kesehatan Republik Indonesia:

Tabel. 2.2
Klasifiksi IMT menurut Kementrian Kesehatan Republik Indonesia

Klasifikasi	Nilai
Kurus	< 18,5
Normal	18,5 – 25,0
Gemuk	≥ 25,0

Pasien dengan IMT < 18,5 kg/m² (underweight) cenderung memiliki drive ventilasi yang tertekan serta massa otot pernapasan yang terbatas, yang berkontribusi pada kesulitan dalam *weaning* dan peningkatan risiko kegagalan ekstubasi (Bansal et al., 2022).

2.2.8. Hemoglobin

Hemoglobin merupakan jenis protein yang terdapat dalam sel darah merah dan berperan penting dalam mengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh jaringan tubuh, serta membantu membawa karbon dioksida dari jaringan kembali ke paru-paru untuk dikeluarkan dari tubuh. Perubahan jumlah sel darah merah memengaruhi kadar hemoglobin (Guyton & Hall,

2021). Penurunan hemoglobin hingga 7 g/dL bisa ditoleransi oleh beberapa pasien, namun dapat menimbulkan gejala pada yang lain, terutama jika penurunannya cepat. Pasien lanjut usia atau yang memiliki penyakit jantung dan paru lebih rentan menunjukkan gejala meskipun penurunannya ringan (Burns, 2014).

Hemoglobin adalah indikator utama status anemia, yang menunjukkan kemampuan darah untuk mengikat dan mengangkut oksigen dalam tubuh (WHO, 2011). Anemia didefinisikan sebagai jumlah hemoglobin kurang dari 12 g/dL dan merupakan gangguan hematologi yang paling umum. Etiologinya dapat diklasifikasikan menjadi gangguan produksi sel darah merah, peningkatan destruksi sel darah merah, atau kehilangan darah akut (Burns, 2014). Kadar normal hemoglobin, pria dewasa ≥ 13 g/dL dan wanita dewasa ≥ 12 g/dL(Kemenkes RI, 2020). Kadar hemoglobin berhubungan dengan keberhasilan *weaning* pada pasien sulit lepas dari ventilator, dengan memperlihatkan adanya pola hubungan bertahap antara tiga rentang kadar hemoglobin (<8 g/dL, 8–10 g/dL, dan >10 g/dL) dengan tingkat keberhasilan *weaning*, rentang 8–10 g/dL berpengaruh signifikan dan >10 g/dL menunjukkan pengaruh mendekati signifikan (Lai et al., 2013).

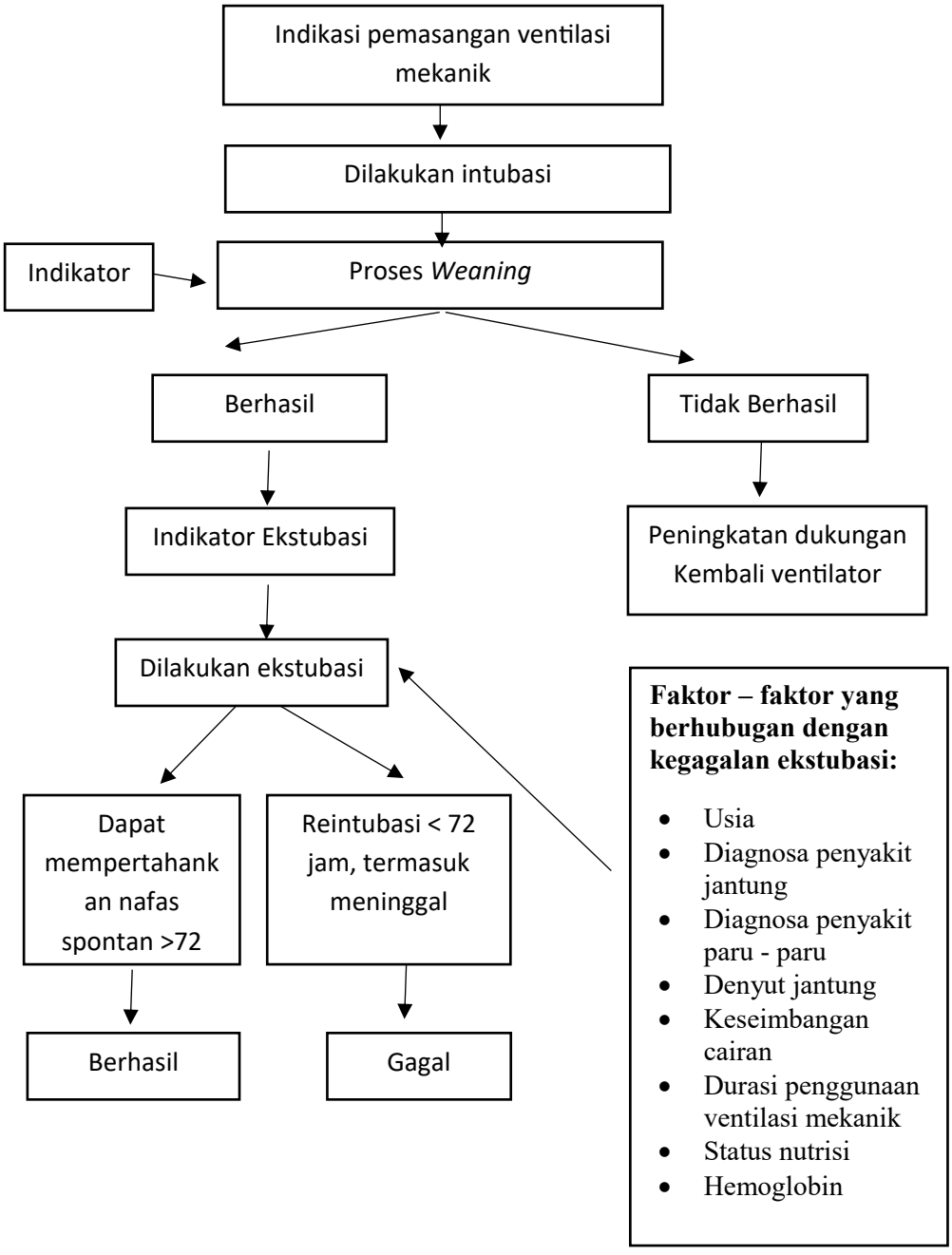
Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar hemoglobin di ICU dan setelah trakeostomi (terutama pada rentang <8 hingga 8–10 g/dL) memiliki hubungan dengan kegagalan proses penyapihan dari ventilasi mekanik pasca trakeostomi. Namun, hubungan ini tidak signifikan secara statistik dalam analisis multivariat. Kegagalan penyapihan diduga berkaitan dengan

ketidakseimbangan antara suplai dan kebutuhan oksigen, di mana pada fase awal penyapihan, pasokan oksigen yang terbatas akibat rendahnya kadar hemoglobin dan curah jantung, tidak mampu memenuhi peningkatan kebutuhan oksigen yang timbul akibat usaha napas spontan pasien (Kartika et al., 2022).

2.3. Kerangka Teori

Kerangka teori faktor – faktor yang berhubungan dengan kegagalanekstubasi :

Bagan 2.1 Kerangka teori
Faktor – faktor yang berhubungan dengan kegagalan ekstubasi



Sumber: (Lina Virfa, Denissa Faradita Aryani, 2023).
(Torrini et al., 2021) ; (Arcanjo &Beccaria, 2023);
(Kulkarni & Agarwal, 2008) ;(Kartika et al., 2022) ;