

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Telaah Pustaka**

##### **1. Refleksi Batuk**

###### **a. Konsep Batuk Secara Klinis**

Batuk merupakan mekanisme pertahanan fisiologis utama sistem pernapasan yang berfungsi untuk membersihkan jalan napas dari sekret, partikel asing, dan iritan sehingga mempertahankan patensi jalan napas dan mencegah aspirasi (Sykes & Morice, 2021). Batuk dipandang sebagai respons protektif esensial yang menandakan fungsi normal sistem integrasi sensorik dan motorik jalan napas dalam menjaga keamanan respirasi (Lu & Cao, 2023). Keberadaan batuk dalam praktik klinis menjadi indikator penting integritas refleksi protektif saluran pernapasan, khususnya pada pasien dengan manipulasi jalan napas.

Batuk sebagai respons jalan napas muncul akibat rangsangan fisik maupun kimia yang mengiritasi mukosa saluran pernapasan, sehingga memicu respons protektif yang bersifat refleksi dan tidak memerlukan kontrol sadar (Lu & Cao, 2023). Intensitas dan frekuensi batuk dapat bervariasi tergantung pada kondisi mukosa, durasi paparan rangsangan, serta sensitivitas individu terhadap iritan (Sykes & Morice, 2021). Variasi respons ini menyebabkan batuk dapat muncul sebagai gejala ringan maupun sebagai manifestasi klinis yang signifikan.

Anestesi umum memberikan dinamika tersendiri terhadap terjadinya batuk karena agen anestesi menekan aktivitas sistem saraf pusat selama fase induksi dan pemeliharaan anestesi (Wong *et al.*, 2021). Penekanan ini menyebabkan refleks protektif jalan napas, termasuk batuk, mengalami penurunan sementara sehingga memungkinkan dilakukannya intubasi dan ventilasi mekanis secara aman (Reddall & Yeow, 2023). Kondisi tersebut merupakan bagian dari tujuan anestesi untuk memfasilitasi tindakan bedah tanpa gangguan refleks jalan napas.

Fase *emergence* anestesi ditandai dengan berkurangnya efek depresan anestesi sehingga sensitivitas jalan napas mulai pulih secara bertahap (Wong *et al.*, 2021). Pemulihan ini sering kali beriringan dengan meningkatnya respons batuk akibat rangsangan mekanik dari *endotracheal tube* yang masih berada di trakea (Reddall & Yeow, 2023). Batuk yang muncul pada fase ini dikenal sebagai *emergence coughing* dan menjadi salah satu tantangan utama dalam manajemen ekstubasi.

Batuk pada periode ekstubasi tidak lagi dipandang sebagai fenomena yang tidak dapat dihindari, melainkan sebagai indikator kualitas prosedur ekstubasi (Wong *et al.*, 2021). Praktik anestesi modern menekankan pentingnya mencapai ekstubasi yang aman dengan meminimalkan respons batuk untuk meningkatkan kenyamanan dan keselamatan pasien (Reddall & Yeow, 2023).

Pendekatan ini sejalan dengan prinsip keselamatan jalan napas yang direkomendasikan dalam panduan praktik anestesi internasional.

Panduan praktik manajemen jalan napas dari *American Society of Anesthesiologists* menekankan perlunya meminimalkan stimulasi jalan napas selama fase ekstubasi untuk mengurangi komplikasi respirasi, termasuk batuk berlebihan (Apfelbaum *et al.*, 2022). Prinsip ini mendukung penggunaan teknik ekstubasi yang mempertimbangkan kondisi fisiologis pasien dan respons jalan napas secara individual.

b. Teori Refleks Batuk

Refleks batuk adalah respons integrasi sistem sensorik dan motorik terkoordinasi yang dimediasi oleh jaringan reseptor perifer, jalur aferen, pusat integrasi di batang otak, dan jalur eferen yang menghasilkan pola motorik batuk (Lu & Cao, 2023). Reseptor aferen yang memicu refleks batuk dibagi menjadi beberapa tipe utama, terutama reseptor mekanik yang peka terhadap rangsangan fisik dan reseptor kimiawi yang merespons iritan kimia, distribusi reseptor ini terutama pada laring, trakea, karina, dan bronkus besar (Sykes & Morice, 2021). Ambang rangsang dan kinetika respons berbeda antar tipe reseptor sehingga stimulasi mekanik seperti, gesekan ETT dan perubahan tekanan *cuff* cenderung memicu aktivasi cepat reseptor mekanik, sedangkan iritan kimia menghasilkan respons yang dapat lebih lambat namun bertahan (Lu & Cao, 2023).

Impuls aferen dari reseptor reseptor ini dihantarkan terutama via serabut aferen *nervus vagus* menuju pusat integrasi sensorik pada *nucleus tractus solitarius (nTS)* di medula *oblongata*, di mana sinyal-sinyal ini diolah dan disintesis dengan *input* sensorik lain (Lu & Cao, 2023). Pada tingkat nTS, jaringan *interneuron* memodulasi ambang pemicu dan pola keluaran eferen sesuai dengan konteks fisiologis dan status *neuromodulator*, membuat pusat batuk menjadi pusat pemrosesan yang dinamis (Sykes & Morice, 2021). Interaksi antara nTS dan struktur otak lainnya memungkinkan modulasi refleks oleh faktor sentral seperti kesadaran, sufisiensi ventilasi, dan pengaruh farmakologis agen anestesi (Lu & Cao, 2023).

Jalur eferen yang keluar dari pusat integrasi mengkoordinasikan aktivasi motorik yang khas: fase inspirasi dalam, fase kompresi dengan penutupan glotis, dan fase ekspirasi eksplosif yang membutuhkan koordinasi otot inspirasi, otot laring, dan otot ekspirasi untuk menghasilkan aliran udara berkecepatan tinggi (Sykes & Morice, 2021). Komponen eferen ini melibatkan saraf somatik dan otonom yang mengatur tekanan *intrathorakal* dan kontrol glotis demi efektivitas pembersihan jalan napas (Lu & Cao, 2023). Efisiensi pola motorik batuk dipengaruhi kondisi otot pernapasan, *neuromuskular blockade residual*, dan kondisi glotis

pada saat eksekusi, sehingga faktor-faktor ini penting dalam konteks pasien terintubasi (Wong *et al.*, 2021).

Modulator perifer dan sentral dapat menaikkan atau menurunkan ambang batuk, kondisi inflamasi mukosa, iritasi kronik seperti merokok, dan cedera mukosa menurunkan ambang sehingga mempermudah pemicu batuk, sedangkan beberapa agen farmakologis dan tingkat anestesi tertentu menaikkan ambang batuk. (Lu & Cao, 2023). Status *neuromuskular*, obat opiod, serta level sedasi berpengaruh kuat terhadap respons batuk pada fase *emergence*, sehingga kontrol farmakologis sering digunakan bersamaan dengan strategi teknis. (Shimada *et al.*, 2023). Perubahan mekanik lokal, seperti deflasi *cuff* yang cepat versus bertahap, dapat memodulasi intensitas rangsangan terhadap reseptor mekanik dan berimplikasi langsung pada frekuensi dan derajat batuk yang muncul saat ekstubasi (Wang *et al.*, 2023).

c. Refleks Batuk saat Periode Ekstubasi

Periode ekstubasi merupakan fase transisi kritis pada anestesi umum yang ditandai dengan pemulihan kesadaran dan kembalinya refleks protektif jalan napas (Miller *et al.*, 2020). Kondisi ini menyebabkan jalan napas berada dalam keadaan sensitif terhadap rangsangan mekanik karena efek depresan anestesi terhadap sistem saraf pusat mulai berkurang (Barash *et al.*, 2021). Situasi tersebut menjadikan refleks batuk sebagai respons dominan

yang sering muncul selama dan segera setelah pelepasan *endotracheal tube* (Reddall & Yeow, 2023).

Refleks batuk pada periode ekstubasi terutama dipicu oleh rangsangan mekanik langsung pada mukosa trakea dan laring akibat keberadaan serta pelepasan *endotracheal tube* (Sykes & Morice, 2021). Deflasi *cuff endotracheal tube* yang terjadi sebelum pelepasan tabung dapat menyebabkan perubahan tekanan mendadak yang meningkatkan stimulasi reseptor mekanik jalan napas (Wang *et al.*, 2023). Respons batuk yang muncul pada fase ini dikenal sebagai *emergence coughing* dan sering digunakan sebagai indikator ekstubasi yang tidak halus (Wong *et al.*, 2021).

Faktor pasien memiliki peran penting dalam memengaruhi kejadian refleks batuk saat ekstubasi, termasuk kondisi mukosa jalan napas, durasi intubasi, dan adanya iritasi kronik seperti kebiasaan merokok (Irwin *et al.*, 2020). Faktor anestesi, seperti kedalaman anestesi saat ekstubasi dan adanya residu *neuromuscular blockade*, juga berkontribusi terhadap variasi intensitas respons batuk antar individu (Miller *et al.*, 2020). Interaksi faktor pasien dan anestesi menyebabkan respons batuk pada periode ekstubasi bersifat individual dan sulit diprediksi tanpa pendekatan yang terarah. (Barash *et al.*, 2021).

Respons batuk yang berlebihan selama ekstubasi tidak hanya menimbulkan rasa tidak nyaman pasien, tetapi juga dapat

meningkatkan risiko trauma laring dan iritasi jalan napas atas (Reddall & Yeow, 2023). Literatur anestesi modern memandang refleks batuk pada periode ekstubasi sebagai parameter kualitas prosedur ekstubasi yang dapat dimodifikasi melalui strategi teknis dan farmakologis (Wong *et al.*, 2021). Pendekatan ini sejalan dengan konsep *smooth extubation* yang bertujuan mencapai pemulihan anestesi yang aman dan nyaman (Barash *et al.*, 2021).

Berbagai strategi non farmakologis telah dikembangkan untuk menurunkan kejadian refleks batuk saat ekstubasi dengan meminimalkan stimulasi mekanik jalan napas (Wang *et al.*, 2023). Teknik deflasi *cuff* secara bertahap dilaporkan dapat menurunkan frekuensi dan intensitas batuk dibandingkan deflasi cepat (Zhang *et al.*, 2024). Pendekatan lain yang mulai diteliti adalah pengaturan waktu pelepasan *endotracheal tube* pada fase respirasi tertentu, yang secara teoritis dapat mengurangi kontak traumatik antara tabung dan glotis (Liu *et al.*, 2023).

#### d. Skala Penilaian Refleks Batuk

Penilaian refleks batuk secara objektif diperlukan untuk mengukur keberhasilan intervensi klinis pada prosedur ekstubasi dan memungkinkan perbandingan hasil antar penelitian (Tung *et al.*, 2020). Skala *Minogue* termodifikasi merupakan instrumen penilaian refleks batuk yang paling sering digunakan dalam penelitian anestesi untuk mengevaluasi kejadian dan derajat batuk

pada fase peri-ekstubasi (Wang *et al.*, 2023). Instrumen ini menilai refleks batuk berdasarkan frekuensi dan durasi batuk yang terjadi selama dan segera setelah ekstubasi sehingga memberikan gambaran kuantitatif yang relevan secara klinis (Zhang *et al.*, 2024).

Skala *Minogue* termodifikasi mengklasifikasikan refleks batuk ke dalam empat derajat, yaitu derajat 1 tidak terdapat batuk atau kekakuan otot, derajat 2 batuk ringan berupa satu atau dua kali batuk singkat, derajat 3 batuk sedang berupa hingga tiga kali batuk yang tidak berkelanjutan, dan derajat 4 batuk berat berupa batuk berulang dan berkepanjangan (Tung *et al.*, 2020). Pengelompokan derajat batuk tersebut memudahkan interpretasi klinis dan analisis statistik dalam penelitian komparatif teknik ekstubasi (Wang *et al.*, 2023).

Praktik penelitian sebelumnya, derajat 1 dan 2 sering digabungkan sebagai batuk ringan atau tidak bermakna, sedangkan derajat 3 dan 4 dianggap sebagai batuk bermakna secara klinis (Zhang *et al.*, 2024). Waktu pengukuran refleks batuk menggunakan skala *Minogue* dilakukan pada periode standar, yaitu saat pelepasan *endotracheal tube* dan beberapa menit setelah ekstubasi untuk menangkap respons refleks yang relevan pada fase *emergence* (Reddall & Yeow, 2023). Penggunaan waktu pengukuran yang konsisten meningkatkan reliabilitas hasil dan meminimalkan variasi antar subjek penelitian (Tung *et al.*, 2020).

Penilaian dilakukan oleh *observer* yang telah dilatih dan, bila memungkinkan, tidak mengetahui kelompok intervensi guna mengurangi bias pengamatan (Wang *et al.*, 2023). Skala *Minogue* termodifikasi memiliki keunggulan berupa kemudahan penggunaan, kejelasan kategori, dan kesesuaian dengan kondisi klinis ruang operasi sehingga banyak direkomendasikan dalam studi anestesi modern (Zhang *et al.*, 2024).

Keterbatasan skala ini meliputi potensi subjektivitas penilai dan variasi kecil definisi antar penelitian, sehingga definisi operasional harus dijelaskan secara eksplisit dalam protokol penelitian (Reddall & Yeow, 2023).

Skala penilaian refleks batuk yang digunakan dalam penelitian ini merupakan Skala *Minogue* termodifikasi yang diadopsi dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Tabel 2. Skala *Minogue* Termodifikasi

| No. | Kategorisasi Hasil   | Skala            | Identifikasi                                                                                                               |
|-----|----------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  |                      | Grade 1          | Tidak ada batuk atau kekakuan otot                                                                                         |
| 2.  | (Tidak ada - Ringan) | Grade 2 (ringan) | Batuk sekali atau dua kali, atau respons batuk sementara terhadap pengangkatan tabung trakea yang mereda setelah ekstubasi |
| 3.  |                      | Grade 3 (sedang) | 3 batuk berlangsung 1 ~ 2 detik, atau total durasi batuk terakhir $\leq 5$ detik                                           |
| 4.  | (Sedang – Berat)     | Grade 4 (berat)  | $\geq 4$ batuk dengan masing-masing berlangsung $> 2$ detik, total durasi batuk berlangsung $> 5$ detik                    |

Sumber : (Tung *et al.*, 2020)

## 2. Teknik Ekstubasi Akhir Inspirasi

### a. Fisiologi Pernapasan Fase Inspirasi

Fase inspirasi merupakan fase aktif dalam siklus pernapasan yang terjadi akibat kontraksi diafragma dan otot *interkostal* eksternal sehingga menyebabkan peningkatan volume rongga toraks (Phyu *et al.*, 2023). Kontraksi otot-otot tersebut menurunkan tekanan *intrapleural* secara signifikan sehingga tekanan alveolar menjadi lebih rendah dibandingkan tekanan atmosfer (Brinkman *et al.*, 2023). Perbedaan tekanan tersebut memungkinkan udara mengalir masuk ke dalam paru-paru hingga tercapai keseimbangan tekanan antara *alveoli* dan lingkungan (Phyu *et al.*, 2023).

Peningkatan volume paru saat inspirasi menyebabkan tekanan *transpulmoner* meningkat, hal ini berperan penting dalam mempertahankan keterbukaan *alveoli* dan saluran napas kecil (Campbell & Sapra, 2023). Tekanan *transpulmoner* yang adekuat mencegah kolaps alveolar dengan cara menahan gaya elastik jaringan paru. (Campbell & Sapra, 2023). Kondisi ini memungkinkan terjadinya ventilasi yang efisien serta distribusi udara yang merata ke seluruh unit alveolar (Phyu *et al.*, 2023).

Peningkatan volume paru selama fase inspirasi juga menimbulkan efek tarikan radial terhadap dinding saluran napas (Campbell & Sapra, 2023). Tarikan radial tersebut menyebabkan pelebaran lumen trakea dan bronkus sehingga resistensi jalan napas menurun secara fisiologis (Campbell & Sapra, 2023). Penurunan

resistensi jalan napas selama inspirasi memfasilitasi aliran udara masuk tanpa peningkatan usaha napas yang signifikan (Phyu *et al.*, 2023).

Fase akhir inspirasi (*end-inspiratory phase*), volume paru mencapai titik maksimal relatif dalam satu siklus pernapasan (Zhang *et al.*, 2024). Kondisi ini menghasilkan stabilitas mekanik jalan napas yang lebih baik dibandingkan fase ekspirasi (Wang *et al.*, 2023). Stabilitas tersebut berkaitan dengan tekanan intraluminal yang lebih tinggi dan dukungan struktural dari jaringan paru yang teregang (Zhang *et al.*, 2024).

Fase inspirasi juga memengaruhi fungsi laring melalui aktivasi otot abduktor pita suara (Shimada *et al.*, 2023). Pada akhir inspirasi, pita suara berada pada posisi abduksi yang lebih luas sehingga meningkatkan patensi jalan napas atas (Zhang *et al.*, 2024). Pembukaan glotis yang optimal ini secara fisiologis mengurangi kemungkinan terjadinya obstruksi jalan napas (Shimada *et al.*, 2023).

Mekanika paru dan laring, fase inspirasi berkaitan dengan aktivasi reseptor regangan paru (Wang *et al.*, 2023). Aktivasi reseptor regangan tersebut memberikan umpan balik aferen ke pusat respirasi untuk mengatur transisi antara fase inspirasi dan ekspirasi (Brinkman *et al.*, 2023). Mekanisme ini menciptakan jeda fisiologis

singkat pada akhir inspirasi yang berperan dalam menjaga koordinasi siklus pernapasan (Wang *et al.*, 2023).

Mekanisme fisiologis saat anestesi inspirasi dapat mengalami perubahan akibat efek obat anestesi terhadap pusat respirasi dan tonus otot jalan napas (Wong *et al.*, 2021). Meskipun demikian, karakteristik utama fase akhir inspirasi berupa peningkatan volume paru dan pembukaan glotis tetap memiliki relevansi fisiologis selama periode emergence anestesi (Reddall & Yeow, 2023).

b. Konsep Ekstubasi *Endotracheal*

Ekstubasi *endotracheal* didefinisikan sebagai pelepasan tabung *endotracheal* dari trakea setelah pasien memenuhi kriteria klinis untuk bernapas spontan dan mempertahankan jalan napas secara mandiri dengan tujuan mengembalikan fungsi jalan napas alami secara aman (Wong *et al.*, 2021). Proses ekstubasi merupakan fase transisi kritis dalam anestesi umum karena melibatkan pemulihan refleks protektif jalan napas yang beriringan dengan berkurangnya efek depresan anestesi (Reddall & Yeow, 2023). Tujuan utama ekstubasi adalah memastikan ventilasi dan oksigenasi adekuat tanpa meningkatkan risiko komplikasi jalan napas seperti obstruksi, aspirasi, atau trauma *laringotracheal* (Wong *et al.*, 2021).

Teknik ekstubasi secara umum diklasifikasikan menjadi ekstubasi saat pasien sadar dan ekstubasi dalam kondisi anestesi

relatif dalam yang dipilih berdasarkan profil risiko klinis pasien (Reddall & Yeow, 2023). Pemilihan teknik ekstubasi mempertimbangkan status jalan napas, risiko aspirasi, jenis pembedahan, serta tujuan klinis seperti pengurangan respons batuk dan rasa tidak nyaman pasien (Wong *et al.*, 2021). Pendekatan konservatif merekomendasikan ekstubasi sadar pada pasien dengan jalan napas sulit atau risiko aspirasi tinggi untuk menjaga keselamatan jalan napas (Reddall & Yeow, 2023).

Berbagai modifikasi teknik ekstubasi dikembangkan untuk meminimalkan stimulasi mekanik jalan napas termasuk deflasi *cuff* secara bertahap, pemberian tekanan positif saat pelepasan tabung, dan pengaturan waktu pelepasan *endotracheal* tube pada fase respirasi tertentu (Liu *et al.*, 2023). Prinsip fisiologis dari teknik-teknik tersebut adalah mengurangi gesekan langsung dan perubahan tekanan mendadak pada mukosa trakea-laring yang dapat memicu refleks jalan napas (Liu *et al.*, 2023). Pendekatan multimodal yang mengombinasikan beberapa teknik sering digunakan dalam praktik klinis untuk mencapai ekstubasi yang lebih halus dan terkendali (Wang *et al.*, 2023).

Penelitian klinis terbaru menunjukkan bahwa deflasi *cuff* yang lambat dan terkontrol dapat menurunkan kejadian batuk dibandingkan deflasi cepat meskipun hasilnya bervariasi antar populasi dan desain studi (Wang *et al.*, 2023). Uji klinis acak lainnya

melaporkan bahwa penyesuaian teknik ekstubasi berpotensi mengurangi komplikasi jalan napas minor seperti batuk berat dan trauma mukosa (Zhang *et al.*, 2024). Keterbatasan bukti komparatif langsung antara berbagai teknik ekstubasi menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut yang terfokus pada variasi teknis tertentu (Liu *et al.*, 2023).

Persiapan pra-ekstubasi yang optimal meliputi evaluasi kesiapan pasien, *reversalisasi neuromuskular* bila diperlukan, dan pembersihan sekret jalan napas sebelum pelepasan tabung *endotracheal* (Wong *et al.*, 2021). Pemantauan pasca-ekstubasi perlu dilakukan secara ketat pada fase awal *emergence* untuk mendeteksi dini gangguan jalan napas dan memastikan stabilitas respirasi pasien (Reddall & Yeow, 2023).

#### c. Indikator Kesiapan dan Kontraindikasi Ekstubasi

Kesiapan pasien untuk ekstubasi didefinisikan sebagai terpenuhinya beberapa parameter klinis yang menunjukkan kemampuan mempertahankan jalan napas paten dan ventilasi spontan yang adekuat setelah pelepasan tabung *endotracheal* (Apfelbaum *et al.*, 2022). Penilaian kesiapan ekstubasi mencakup evaluasi oksigenasi yang memadai dengan saturasi oksigen pada nilai yang bisa ditoleransi sesuai konteks klinis (misalnya  $SpO_2 \geq 92\%$  pada  $FiO_2$  rendah), yang menunjukkan cadangan respirasi yang cukup untuk periode pasca-ekstubasi (Saeed, 2023). Penilaian

ventilasi spontan meliputi pemeriksaan frekuensi napas, tidal volume spontan, dan keberlanjutan respirasi tanpa dukungan tekan yang berlebih, karena parameter ini berkaitan langsung dengan kemampuan pasien mempertahankan pH dan PaCO<sub>2</sub> pasca-ekstubasi (Saeed, 2023).

Kembalinya refleks protektif jalan napas, termasuk batuk efektif dan gag reflex yang memadai, merupakan indikator penting kesiapan ekstubasi karena fungsi tersebut mengurangi risiko aspirasi dan obstruksi jalan napas setelah ETT dilepas (Apfelbaum *et al.*, 2022). Status neuromuskular yang memadai dinilai melalui pemeriksaan klinis dan/atau monitoring neuromuskular, serta konfirmasi pembalikan neuromuskular yang tuntas bila obat blok neuromuskular diberikan, karena residual blok dapat menyebabkan kegagalan ekstubasi akibat kelemahan otot pernapasan (Apfelbaum *et al.*, 2022). Kontrol sekresi jalan napas dan kemampuan mengelola dahak secara efektif merupakan syarat penting karena akumulasi sekret subglotis dan kesulitan pengeluaran sekret berkaitan dengan risiko aspirasi dan batuk berat saat ekstubasi (Liu *et al.*, 2023).

Risiko aspirasi harus dievaluasi sebelum ekstubasi, pasien dengan risiko aspirasi tinggi (misalnya lambung penuh, gangguan kesadaran, atau gangguan motilitas gastrointestinal) umumnya bukan kandidat untuk ekstubasi terencana di meja operasi tanpa tindakan protektif tambahan (Apfelbaum *et al.*, 2022). Keberadaan

jalan napas yang sulit atau perencanaan untuk manuver airway lanjutan harus diidentifikasi sebelum ekstubasi, dan pada pasien dengan riwayat atau tanda jalan napas sulit sebaiknya persiapan alat bantu reintubasi dan strategi alternatif disiapkan (Reddall & Yeow, 2023).

Kontraindikasi relatif untuk ekstubasi di antaranya adalah adanya obstruksi jalan napas aktif, perdarahan jalan napas yang signifikan, edema laring yang berat, atau kondisi lain yang menimbulkan risiko kegagalan proteksi jalan napas segera setelah pelepasan tabung (Saeed, 2023). Kontraindikasi absolut untuk ekstubasi terencana meliputi ketidakmampuan mempertahankan ventilasi spontan, kebutuhan ventilasi mekanik berkelanjutan, atau kondisi medis yang jelas memerlukan intubasi lanjutan (misalnya henti napas atau kegagalan pernapasan progresif) (Apfelbaum *et al.*, 2022). Proses keputusan ekstubasi harus menggunakan pendekatan tim yang melibatkan pemberi anestesi serta staf bedah dan keperawatan bila diperlukan, dengan dokumentasi parameter kesiapan dan rencana cadangan bila terjadi kegagalan ekstubasi (Reddall & Yeow, 2023).

Dalam konteks penelitian tentang teknik ekstubasi (misalnya ekstubasi saat akhir inspirasi), variabel kesiapan yang di standarisasi seperti status proteksi jalan napas, parameter ventilasi spontan, dan pembalikan NMB harus menjadi kriteria inklusi agar perbandingan

antara teknik menjadi valid secara internal (Liu *et al.*, 2023). Alat bantu objektif seperti *capnografi* untuk konfirmasi ventilasi efektif dan monitor neuromuskuler untuk menilai pembalikan NMB dianjurkan dalam praktik modern sebagai bagian dari persiapan sebelum melepaskan ETT (Apfelbaum *et al.*, 2022). Ringkasnya, keputusan ekstubasi harus berdasarkan kombinasi penilaian klinis subjektif dan parameter objektif yang mendukung kemampuan pasien untuk mempertahankan jalan napas dan ventilasi, serta kesiapan tim untuk menangani kegagalan ekstubasi jika terjadi (Saeed, 2023).

d. Ekstubasi saat Akhir Inspirasi

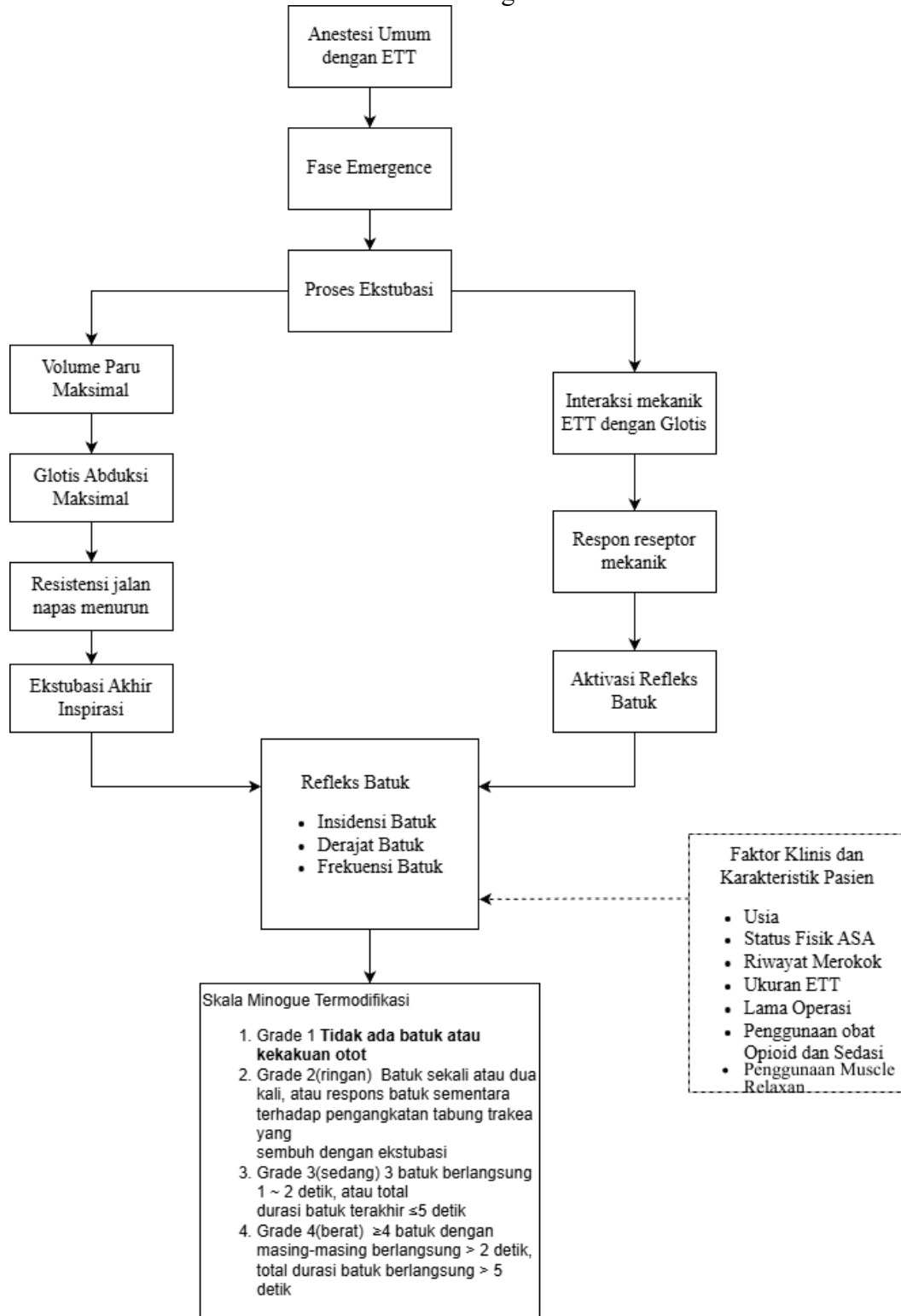
Ekstubasi pada akhir inspirasi didefinisikan sebagai pelepasan endotracheal tube yang dilakukan secara terencana pada fase akhir inspirasi, yaitu saat volume paru relatif maksimal dan glotis berada pada kondisi abduksi, tanpa bergantung pada intervensi farmakologis tambahan (Wong *et al.*, 2021). Pendekatan ini diposisikan sebagai intervensi non-farmakologis yang memanfaatkan kondisi fisiologis fase respirasi untuk memodifikasi interaksi antara tabung *endotracheal* dan struktur jalan napas atas (Reddall & Yeow, 2023). Dalam konteks penelitian klinis, ekstubasi akhir inspirasi diperlakukan sebagai variabel independen karena dapat dimanipulasi secara terencana dan terkontrol oleh operator anestesi (Liu *et al.*, 2023).

Rasional teoretis ekstubasi pada akhir inspirasi didasarkan pada karakteristik fisiologis fase inspirasi, khususnya peningkatan volume paru, efek tarikan radial pada jalan napas, dan abduksi maksimal pita suara (West, 2021; Levitzky, 2022). Pembukaan glotis yang lebih optimal secara teoretis dapat mengurangi gesekan mekanik antara tabung *endotracheal* dan mukosa laring saat pelepasan tabung (Wong *et al.*, 2021).

Secara konseptual, ekstubasi akhir inspirasi berbeda dari ekstubasi konvensional yang umumnya dilakukan tanpa mempertimbangkan fase respirasi tertentu atau dilakukan setelah pasien memenuhi kriteria bangun dari anestesi (Reddall & Yeow, 2023). Pada ekstubasi konvensional, pelepasan tabung dapat terjadi pada fase ekspirasi atau fase transisi yang ditandai oleh aduksi relatif pita suara dan peningkatan resistensi jalan napas (Levitzky, 2022). Perbedaan fase respirasi ini menjadi dasar konseptual untuk membandingkan ekstubasi akhir inspirasi dengan praktik ekstubasi biasa dalam penelitian komparatif (Liu *et al.*, 2023). Meskipun memiliki dasar fisiologis yang rasional, ekstubasi akhir inspirasi tetap memiliki batasan konseptual yang harus diperhatikan dalam penelitian (Reddall & Yeow, 2023). Pendekatan ini secara teoretis tidak ditujukan untuk pasien dengan risiko aspirasi tinggi, gangguan jalan napas berat, atau kondisi yang mengharuskan ekstubasi dalam keadaan sangat terjaga atau tertunda (Wong *et al.*, 2021).

## B. Kerangka Teori

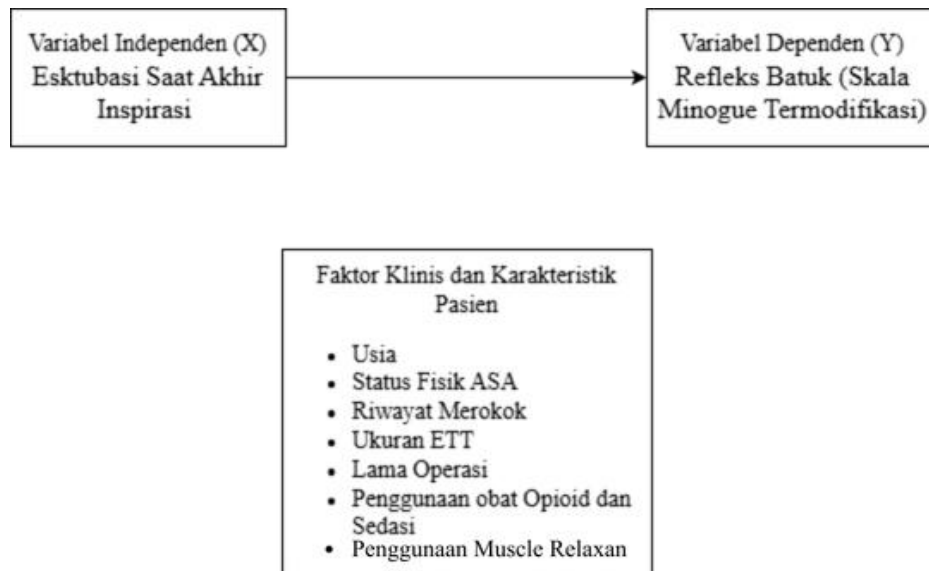
Gambar 1. Kerangka Teori



Sumber: (Zhang *et al.*, 2024); (Wong *et al.*, 2021).; (Reddall & Yeow, 2023); (Irwin *et al.*, 2020); (Tung *et al.*, 2020); (Barash *et al.*, 2021); (Phyu *et al.*, 2023)

### C. Kerangka Konsep

Gambar 2. Kerangka Konsep



### D. Hipotesis

Hipotesis penelitian adalah jawaban sementara terhadap rumusan masalah yang disusun berdasarkan kajian teori dan temuan sebelumnya, serta kebenarannya harus dibuktikan melalui pengujian empiris dengan data penelitian (Sugiyono, 2022).

Ha: Terdapat perbedaan bermakna pada insiden dan derajat refleks batuk antara pasien yang menjalani ekstubasi pada akhir inspirasi dan pasien yang menjalani ekstubasi dengan teknik konvensional setelah anestesi umum dengan intubasi *endotracheal*.

H<sub>0</sub>: Tidak terdapat perbedaan bermakna pada insiden dan derajat refleks batuk antara pasien yang menjalani ekstubasi pada akhir inspirasi dan pasien yang menjalani ekstubasi dengan teknik konvensional setelah anestesi umum dengan intubasi *endotracheal*.