

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Anestesi Umum

a. Definisi Anestesi Umum

Anestesi didefinisikan sebagai kondisi medis yang terinduksi secara farmakologis, dimana pasien mengalami keadaan hilangnya sensasi dan kesadaran yang reversibel, suatu kondisi yang penting untuk memungkinkan pelaksanaan prosedur bedah dan intervensi medis tanpa rasa sakit atau trauma psikologis (Dalamagka, 2024). Anestesi harus menyediakan analgesia (penghilang rasa sakit), menciptakan amnesia (menghilangkan ingatan), dan memastikan akinesia (mencegah gerakan tubuh yang tidak diinginkan).

b. Teknik Anestesi Umum

Anestesi umum merupakan metode yang menyebabkan keadaan koma yang farmakologis reversibel, penghilang rasa sakit, serta penekanan gerakan di seluruh tubuh. Tahap induksi, yaitu fase awal pemberian obat untuk mencapai kondisi anestesi yang stabil, dapat dilakukan dengan beberapa cara utama (Scott, Lafferty, & Hart, 2024; Joshi, 2020):

1) Anestesi Inhalasi

Teknik ini menggunakan agen volatil seperti Isofluran atau Sevofluran yang diberikan melalui sistem pernapasan untuk

induksi dan pemeliharaan anestesi. Konsentrasi gas disesuaikan untuk kedalaman anestesi optimal, sering dikombinasikan dengan opioid dan relaksan otot guna menjaga stabilitas hemodinamik (Scott, Lafferty, & Hart, 2024).

2) Anestesi Intravena

Teknik ini mengandalkan infus obat intravena seperti Propofol bersama Opioid, tanpa agen inhalasi volatil (Ahmed, Mahurmuz, & Muthanna, 2025). Kombinasi utama mencakup Propofol untuk hipnosis, Opioid seperti Remifentanil untuk analgesik, dan relaksan otot seperti Rocuronium jika diperlukan, dengan penyesuaian dosis berdasarkan farmakokinetik pasien (Scott, Lafferty, & Hart, 2024).

3) Anestesi Seimbang

Teknik ini menggabungkan dosis rendah dari agen inhalasi dan intravena untuk hipnosis, Opioid untuk analgesik, serta relaksan otot untuk imobilitas untuk menghindari ketergantungan pada satu agen dosis tinggi (Scott, Lafferty, & Hart, 2024). Pendekatan ini juga mendukung pemulihan pasca operasi yang lebih cepat dengan mengurangi penggunaan opioid dan mengendalikan efek samping.

c. Fase Anestesi

Menurut Dalamagka (2024), anestesi umum terdiri dari tiga fase utama yang harus diperhatikan dalam praktik klinis untuk memastikan keselamatan pasien, yaitu:

1) *Induction*

Fase ini merupakan tahap awal pemberian obat untuk mencapai kondisi anestesi yang stabil. Obat induksi dapat diberikan melalui intravena atau inhalasi. Tujuan utama induksi adalah membuat pasien tidak sadar, analgesia tercapai, dan relaksasi otot optimal. Respons kardiovaskular terhadap induksi harus dimonitor karena beberapa obat dapat menurunkan tekanan darah atau memengaruhi denyut jantung (Dalamagka, 2024).

2) *Maintenance*

Anestesi dipertahankan stabil dengan kombinasi agen inhalasi, Opioid, dan relaksan otot untuk menjaga kedalaman anestesi optimal selama operasi (Dalamagka, 2024).

3) *Emergence*

Fase emergensi pada anestesi umum merupakan tahap akhir di mana agen anestesi dihentikan secara bertahap untuk memungkinkan pemulihan kesadaran. Fokus utama adalah memastikan pasien bangun secara terkontrol, mampu mempertahankan patensi jalan napas, dan menunjukkan stabilitas kardiovaskular aman untuk ekstubasi (Scott, Lafferty, & Hart, 2024). Fase ini juga meminimalkan respon stres seperti batuk berlebihan, agitasi, serta lonjakan tekanan darah atau denyut jantung saat pelepasan tube endotrakeal (Dalamagka, 2024).

d. Efek Anestesi Umum terhadap Sistem Kardiovaskular

Anestesi umum, khususnya inhalasi, menyebabkan depresi kardiovaskular melalui vasodilatasi perifer dan penurunan kontraktilitas miokard, yang mengakibatkan hipotensi sistemik. Agen inhalasi, seperti Sevofluran dan Desfluran, dapat menurunkan tekanan darah secara melalui efek relaksasi vaskular dan penekanan aktivitas simpatis, dengan penurunan tekanan arteri rata-rata mencapai 20–30% pada pasien dewasa sehat. Pada beberapa kasus, efek ini juga dapat memicu bradikardia atau aritmia ventrikel (Scott, Lafferty, & Hart, 2024).

e. Efek Anestesi Umum terhadap Sistem Respirasi

Anestesi umum menyebabkan depresi sistem respirasi melalui penghambatan pusat pernapasan di medula oblongata serta relaksasi otot pernapasan, yang mengakibatkan penurunan volume tidal, peningkatan resistensi saluran napas, dan potensi hipoventilasi. Hal ini menuntut perlunya penggunaan ventilasi mekanik untuk mempertahankan oksigenasi dan eliminasi CO₂ selama pemeliharaan anestesi (Ahmed, Mahurmuz, & Muthanna, 2025).

2. Intubasi *ETT*

a. Definisi

Intubasi *ETT* merupakan prosedur pemasangan tabung endotrakeal melalui laringoskopi langsung untuk menjaga patensi jalan napas pada pasien kritis atau di bawah anestesi umum. Prosedur

tersebut meliputi pemberian preoksigenasi, induksi relaksan otot, pengangkatan epiglotis menggunakan *blade* laringoskop, serta verifikasi posisi endotrakeal dengan auskultasi sebelum balon *cuff* dikembangkan (Ang & Winterton, 2022).

b. Indikasi & Kontraindikasi

Menurut Ang & Winterton (2022) indikasi utama pemasangan *ETT* yaitu diantaranya pada kasus:

- 1) Gagal napas akut
- 2) Kehilangan refleks proteksi jalan napas
- 3) Ketidakmampuan mengelola sekret
- 4) Syok
- 5) Pasca-arrest kardiopulmonal
- 6) Perlindungan jalan napas pada trauma kepala ($GCS \leq 8$)

Kontraindikasi absolut pada prosedur intubasi relatif jarang ditemukan, namun dapat meliputi kondisi seperti fraktur servikal yang tidak stabil atau perdarahan orofaringeal masif yang menghambat visualisasi jalan napas. Sementara itu, kontraindikasi relatif mencakup epiglotitis akut atau trismus berat, sehingga diperlukan pendekatan alternatif seperti trakeostomi (Shawky, Shawky, & Zakaria, 2023; Ang & Winterton, 2022).

c. Komplikasi Pasca Intubasi *ETT*

Komplikasi yang dapat muncul setelah pemasangan *ETT* meliputi barotrauma akibat penggunaan tekanan ventilasi yang tinggi, serta obstruksi *ETT* akibat akumulasi sekret yang kental (Tas, *et al.*, 2021).

d. Stimulasi Jalan Napas dan Respons Simpatik saat Intubasi

Prosedur laringoskopi dan pemasangan *ETT* menimbulkan rangsangan mekanik pada reseptor supralaring dan area glotis yang memicu aktivasi sistem saraf simpatik. Aktivasi ini menyebabkan peningkatan pelepasan katekolamin yang berdampak pada kenaikan denyut jantung dan tekanan darah hingga 20–50% dibandingkan nilai *baseline* (Patel, *et al.*, 2024).

3. Ekstubasi *ETT*

a. Definisi

Ekstubasi endotrakeal adalah tindakan melepas tabung endotrakeal dari jalan napas pasien, biasanya setelah perbaikan kondisi yang memerlukan ventilasi mekanik dan pasien dinilai mampu mempertahankan jalan napas serta ventilasi secara mandiri (Berkow & Kanowitz, 2020).

b. Teknik Ekstubasi

Teknik ekstubasi utama meliputi:

- 1) Ekstubasi Konvensional: Teknik ini bisa juga disebut dengan teknik ekstubasi tradisional. Tabung dilepas saat pasien sadar dan refleks jalan napas kembali. Teknik ini lebih aman dibandingkan

ekstubasi dalam karena menjaga tonus laryngeal dan pernapasan spontan, meskipun berisiko memicu batuk kuat atau hipertensi simpatis yang dapat diredam dengan premedikasi seperti dexmedetomidine (Wong, Weber, & Abramowicz, 2021).

2) Ekstubasi dalam: Tabung dilepas saat pasien masih dalam anestesi dalam, bertujuan mengurangi batuk dan respons hemodinamik, namun meningkatkan risiko obstruksi jalan napas (Wong, Weber, & Abramowicz, 2021).

3) Teknik tekanan positif (*positive pressure extubation*): Teknik ini merupakan modifikasi dari teknik ekstubasi. Pemberian tekanan positif saat ekstubasi untuk mencegah aspirasi dan mencegah kolaps jalan napas dan menekan respons simpatis (Prabhakaran, *et al.*, 2023).

4) Teknik khusus untuk jalan napas sulit: Termasuk penggunaan *airway exchange catheter*, *supraglottic airway device*, atau *video-laringoskopi*.

c. Kriteria Ekstubasi

Kriteria utama kesiapan ekstubasi menurut Wong, Weber, & Abramowicz (2021) :

- 1) Lulus *spontaneous breathing trial (SBT)* dengan parameter ventilasi adekuat seperti tidal volume >5 ml/kg.
- 2) Status mental cukup sadar (Tidak ada delirium, respons pupil normal).

- 3) Refleks proteksi jalan napas (batuk, menelan) adekuat.
- 4) Stabilitas hemodinamik dan oksigenasi.
- 5) Tidak ada faktor risiko gagal ekstubasi (misal: edema laring, kelemahan otot napas, penyakit paru berat).

d. Komplikasi Pasca Ekstubasi *ETT*

Komplikasi pasca-ekstubasi *ETT* meliputi gangguan pernapasan seperti laringospasme, stridor, dan desaturasi oksigen, serta respons kardiovaskular berupa hipertensi dan takikardia (Wong, Weber, & Abramowicz, 2021; Reddall & Yeow, 2023).

e. Stimulasi Jalan Napas dan Respons Simpatik saat Ekstubasi

Ekstubasi merupakan fase kritis dalam anestesi umum yang dapat memicu respons fisiologis akibat stimulasi mekanis pada reseptor supraglotis dan glotis selama pelepasan *endotracheal tube (ETT)*. Rangsangan tersebut dapat mengaktivasi sistem saraf otonom yang memicu peningkatan tekanan darah dan denyut jantung sebagai respons stres terhadap iritasi jalan napas. Selain itu, refleks batuk dan *bucking* yang sering terjadi saat ekstubasi dapat meningkatkan tekanan intratorakal secara mendadak, yang berpotensi mengganggu stabilitas ventilasi dan hemodinamik pasien. Respons ini dapat menjadi lebih berat pada pasien dengan kondisi komorbid kardiovaskular karena keterbatasan kompensasi fisiologis (Wong, Weber, & Abramowicz, 2021).

4. *Positive Pressure Extubation*

a. Definisi

Positive Pressure Extubation (PPE) merupakan modifikasi teknik ekstubasi dimana tekanan positif diberikan melalui ventilator selama proses deflasi cuff dan penarikan *ETT*. Teknik ini bertujuan mempertahankan aerasi optimal dan mencegah kolaps jalan napas (Prabhakaran, *et al.*, 2023).

b. Tujuan

Tujuan *PPE* adalah menjaga stabilitas tanda vital, mencegah komplikasi respirasi (seperti hipoksemia, atelektasis, aspirasi), dan menurunkan angka kegagalan ekstubasi.

c. Prosedur *PPE*

Menurut Prabhakaran, *et al.* (2023) berikut langkah-langkah sistematis prosedur *PPE*:

- 1) Pastikan pasien telah layak ekstubasi dengan menunjukkan kemampuan respirasi spontan yang memadai tidal volume >5 ml/kgBB.
- 2) Monitor parameter hemodinamik secara kontinu.
- 3) *Suction* oral/pharyngeal dengan *suction catheter*.
- 4) Agen anestesi inhalasi dimatikan.
- 5) Ventilator dialihkan ke O₂ 100%.
- 6) Set ventilator ke *PSV* 5-8 cmH₂O + *PEEP* 5-10 cmH₂O, *Fraction of Inspired Oxygen (FiO₂)* 100%.

- 7) Konfirmasi ulang kemampuan respirasi pasien dan kestabilan hemodinamik.
- 8) Deflasi cuff secara perlahan.
- 9) Tarik tube sinkron dengan inspirasi pasien (puncak inspirasi).
- 10) Suction oral lagi untuk bersihkan sekresi yang terdorong keluar.
- 11) Berikan oksigenasi dengan sungkup.
- 12) Monitoring hemodinamik pasca ekstubasi.

d. Mekanisme fisiologis

Mekanisme fisiologis *PPE* menurut Prabhakaran, *et al.* (2023) dan Liu, *et al.* (2023):

1) Pencegahan Atelektasis & Rekrutmen Alveoli

Pemberian tekanan positif (PSV/PEEP sekitar 5–15 cmH₂O) saat proses pelepasan *ETT* membantu menjaga saluran napas tetap terbuka dan mempertahankan *functional residual capacity (FRC)*.

Mekanisme ini mencegah atelektasis dan mengurangi penurunan saturasi oksigen yang biasanya terjadi akibat derekrutmen alveoli setelah ekstubasi (Prabhakaran, *et al.*, 2023).

2) Pengeluaran Sekret Subglotik

Udara bertekanan yang diberikan saat *PPE* mendorong sekret dari area subglotik dan orofaring keluar, menyerupai mekanisme batuk.

Proses ini membuat sekret tidak tertarik kembali ke trakea seperti yang dapat terjadi pada teknik suction dengan tekanan negatif (Liu, *et al.*, 2023).

3) Stabilisasi Hemodinamik

Tekanan positif mengurangi terjadinya tekanan intratorakal negatif ekstrem yang biasanya muncul akibat *bucking* atau menahan napas saat ekstubasi. Perubahan drastis pada *preload* jantung dapat dicegah dan aktivasi simpatis berkurang, sehingga tekanan darah dan denyut jantung cenderung tetap stabil (Prabhakaran, *et al.*, 2023).

4) Penurunan Risiko Aspirasi

Karena sekret didorong menuju orofaring, proses suction oral menjadi lebih efektif dan risiko mikroaspirasi ke bronkus berkurang secara signifikan (Liu, *et al.*, 2023).

e. Peran *PPE* dalam Modulasi Respons *Sympatoadrenal*

Ekstubasi endotrakeal merupakan salah satu fase paling kritis karena sering memicu respons *sympatoadrenal* yang masif. Respons ini diawali oleh stimulasi mekanis pada reseptor regang di mukosa trakea dan laring saat endotrakeal tube (*ETT*) ditarik, yang kemudian mengirimkan sinyal aferen melalui saraf vagus dan glossofaringeal menuju pusat integrasi di medula oblongata. Akibatnya, terjadi pelepasan katekolamin (epinefrin dan norepinefrin) ke dalam sirkulasi yang menyebabkan peningkatan *MAP* dan denyut jantung (*HR*) secara mendadak. Teknik *Positive Pressure Extubation (PPE)* berperan penting dalam memodulasi atau meredam respons stres ini melalui beberapa mekanisme fisiologis utama

1) Reduksi stimulasi mekanik (*Mechanical Buffering*)

Teknik *Positive Pressure Extubation (PPE)* mengurangi gesekan langsung antara *endotracheal tube (ETT)* dan mukosa trakea melalui aliran udara positif selama proses ekstubasi. Kondisi ini menurunkan intensitas rangsangan mekanik pada reseptor jalan napas yang dapat memicu aktivasi sistem saraf simpatis. Dengan berkurangnya stimulus tersebut, pelepasan katekolamin yang berkontribusi terhadap peningkatan tekanan darah dan denyut jantung dapat diminimalkan (Prabhakaran, *et al.*, 2023; Nagelhout & Elisha, 2022).

2) Stabilisasi ventilasi dan oksigenasi

Pemberian tekanan positif pada akhir inspirasi saat ekstubasi menyebabkan pengembangan alveoli dan peregangan dinding bronkiolus secara optimal. Hasilnya adalah penurunan kontraktilitas miokard dan vasodilatasi perifer relatif yang menjaga *HR* dan *MAP* tetap stabil meskipun terjadi stimulasi jalan napas (Hall & Hall, 2021; Silbernagl & Despopoulos, 2021).

3) Stabilisasi tekanan intratorakal dan hemodinamik

Ekstubasi tanpa tekanan positif sering memicu refleksi *bucking* atau batuk, yang menciptakan tekanan intratorakal negatif yang sangat ekstrem. Tekanan negatif ini meningkatkan venous return secara mendadak ke jantung kanan dan meningkatkan tekanan transmural pada ventrikel kiri (afterload meningkat). *PPE*

bekerja dengan mempertahankan tekanan intratorakal tetap positif selama fase transisi ekstubasi. Dengan menjaga tekanan intratorakal yang stabil, *PPE* mencegah fluktuasi preload dan afterload yang drastis, sehingga beban kerja miokardium tetap terkendali (Hines & Jones, 2022; Butterworth, *et al.*, 2022).

Respons *sympatoadrenal* akibat tindakan ekstubasi bersifat transien namun intens. Puncak kenaikan *Heart Rate* dan tekanan darah biasanya terjadi segera setelah stimulasi jalan napas (menit ke-1 hingga ke-3) dan secara perlahan akan kembali menuju nilai dasar (*baseline*) dalam waktu 5 hingga 10 menit pada pasien dengan kompensasi kardiovaskular yang baik (Butterworth, *et al.*, 2022). Oleh karena itu, periode 5 menit pertama pasca-ekstubasi merupakan jendela waktu kritis bagi perawat anestesi untuk mengevaluasi stabilitas sirkulasi dan efektivitas intervensi yang diberikan.

4) Modulasi respons stres sistemik

PPE berperan dalam menurunkan intensitas respons stres fisiologis selama ekstubasi melalui kombinasi efek mekanis, respiratorik, dan kardiovaskular. Mekanisme ini tidak hanya menjaga stabilitas jalan napas, tetapi juga mendukung kestabilan hemodinamik pasien pada fase emergence anestesi umum (Nagelhout & Elisha, 2022; Butterworth, *et al.*, 2022).

5. Hemodinamik

a. Definisi

Hemodinamik adalah pemantauan komprehensif fungsi sirkulasi, termasuk volume stroke ventrikel, tekanan pengisian, dan output kardial, yang krusial untuk mendeteksi ketidakstabilan dini pada pasien anestesi (de Keijzer & Scheeren, 2021). Hemodinamik merupakan studi mengenai dinamika aliran darah dalam sistem sirkulasi, meliputi pengukuran parameter seperti tekanan, volume, dan resistensi vaskular untuk mengevaluasi perfusi organ (Hagen, *et al.*, 2021)

b. Tujuan pemantauan hemodinamik

Pemantauan hemodinamik memungkinkan evaluasi real-time parameter seperti cardiac output, stroke volume, dan tekanan pengisian ventrikel untuk menyesuaikan terapi cairan, vasoaktif, atau inotropik secara tepat waktu agar menghindari hipoperfusi organ kritis dan overload vaskular selama induksi, pemeliharaan, serta pemulihan anestesi di ICU atau ruang operasi (de Keijzer & Scheeren, 2021; D'Amico & Landoni 2024).

c. Parameter Hemodinamik

Parameter hemodinamik merupakan indikator utama untuk menilai status sirkulasi dan oksigenasi pasien, dan umumnya dipantau secara kontinu di ruang operasi.

1) Tekanan Darah

Tekanan darah merepresentasikan kekuatan hemodinamik darah terhadap dinding arteri selama fase kontraksi ventrikel (sistolik) dan relaksasi (diastolik), dengan nilai normal dewasa berkisar antara 90–120/60–80 mmHg. Tekanan darah dipengaruhi oleh curah jantung, yang merupakan hasil perkalian antara *stroke volume* dan *heart rate*, serta resistensi vaskular perifer total (Shetabi & Karimian, 2023; Shah & Kezo, 2023).

Secara fisiologis, tekanan darah dapat meningkat akibat aktivasi sistem saraf simpatis, nyeri, atau stres fisiologis, serta dapat menurun akibat efek depresan anestesi yang menyebabkan vasodilatasi dan penurunan kontraktilitas miokard. Oleh karena itu, tekanan darah menjadi salah satu indikator utama stabilitas hemodinamik pasien selama tindakan anestesi.

2) Denyut Jantung/*Heart Rate (HR)*

Denyut jantung adalah jumlah kali jantung berdetak atau berkontraksi dalam satu menit, yang secara langsung memengaruhi jumlah darah yang dipompa ke seluruh tubuh (*output cardiac*). Parameter ini dapat dipantau secara non-invasif menggunakan teknologi fotoplethysmografi (PPG) yang mendeteksi perubahan volume darah di pembuluh perifer (Chu, *et al.*, 2023).

Denyut jantung merupakan parameter hemodinamik yang sangat sensitif terhadap stres fisiologis, nyeri, dan perubahan

oksigenasi. Denyut jantung sangat sensitif terhadap perubahan fisiologis seperti nyeri, hipoksia, stres, dan aktivitas sistem saraf simpatis. Peningkatan aktivitas simpatis dapat menyebabkan takikardia, sedangkan peningkatan tonus parasimpatis atau efek anestesi dapat menyebabkan bradikardia. Oleh karena itu, *HR* digunakan sebagai indikator respons stres perioperatif dan stabilitas kardiovaskular pasien (Shah & Kezo, 2023).

3) *Mean Arterial Pressure (MAP)*

Mean Arterial Pressure (MAP) merujuk pada tekanan darah rata-rata di arteri selama satu siklus lengkap detak jantung. Nilai normal *MAP* berkisar antara 70 hingga 105 mmHg, yang esensial untuk memastikan aliran darah yang memadai ke organ-organ vital seperti otak dan ginjal (Aristizábal-Ocampo, *et al.*, 2023).

MAP dipengaruhi oleh curah jantung dan resistensi vaskular perifer. Perubahan pada preload, afterload, maupun tonus vaskular dapat memengaruhi kestabilan *MAP*. Penurunan *MAP* dapat mengindikasikan hipoperfusi organ, sedangkan peningkatan *MAP* sering berkaitan dengan aktivasi simpatis akibat stres atau nyeri perioperatif (Abougabal, *et al.*, 2024).

4) *Peripheral Oxygen Saturation (SpO₂)*

Peripheral Oxygen Saturation (SpO₂) mengukur persentase hemoglobin dalam darah arteri perifer yang mengikat oksigen,

dengan kisaran normal 95-100%. Nilai di bawah 90% menandakan hipoksemia yang memerlukan intervensi segera (Chu, *et al.*, 2023).

SpO_2 dipengaruhi oleh ventilasi, difusi alveolar, perfusi jaringan, serta kondisi klinis seperti atelektasis, obstruksi jalan napas, dan gangguan pertukaran gas. Penurunan SpO_2 sering terjadi pada periode perioperatif akibat efek anestesi, ventilasi tidak adekuat, atau gangguan jalan napas pasca ekstubasi (Savorgnan, *et al.*, 2022).

d. Faktor-faktor yang memengaruhi hemodinamik

Status hemodinamik merupakan keseimbangan antara curah jantung, volume intravaskular, dan resistensi vaskular perifer dalam mempertahankan perfusi jaringan. Kondisi ini bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh berbagai faktor internal maupun eksternal yang dapat memodifikasi respons kardiovaskular terhadap perubahan fisiologis maupun stres.

1) Usia

Usia merupakan faktor biologis utama yang memengaruhi elastisitas pembuluh darah dan kemampuan adaptasi sistem kardiovaskular. Pada kelompok usia dewasa, fungsi hemodinamik umumnya berada pada kondisi puncak yang ditandai dengan fleksibilitas dinding arteri dan sensitivitas baroreseptor yang optimal (Hall & Hall, 2021). Kondisi fisiologis ini memungkinkan tubuh untuk mempertahankan stabilitas resistensi perifer dan

tekanan darah sistolik secara lebih efektif dibandingkan kelompok usia lanjut yang telah mengalami proses degeneratif atau kekakuan vaskular (arterial stiffness). Hal ini menjadikan pasien usia lanjut lebih rentan mengalami fluktuasi tekanan darah dalam kondisi stres fisiologis (Harding, *et al.*, 2020; Smeltzer & Bare, 2021).

2) Jenis kelamin

Perbedaan jenis kelamin memengaruhi regulasi hemodinamik melalui faktor hormonal dan sistem saraf otonom. Estrogen pada perempuan bersifat vasoprotektif melalui peningkatan vasodilatasi, sedangkan laki-laki cenderung memiliki aktivitas simpatis lebih dominan sehingga lebih mudah mengalami peningkatan tekanan darah dan denyut jantung saat stres (Silbernagl & Despopoulos, 2021).

3) Indeks Massa Tubuh (IMT)

Indeks Massa Tubuh (IMT) berhubungan dengan beban kerja sistem kardiovaskular dalam mempertahankan perfusi jaringan. IMT yang meningkat menyebabkan peningkatan preload dan afterload, sehingga memicu kenaikan tekanan darah dan denyut jantung sebagai mekanisme kompensasi. Sebaliknya, IMT rendah dapat membatasi cadangan fisiologis tubuh terhadap perubahan hemodinamik (Nagelhout & Elisha, 2022).

4) Status fisik *ASA*

Klasifikasi *ASA* merupakan instrumen universal untuk menilai kebugaran fisik dan risiko kesehatan seseorang sebelum menjalani suatu tindakan medis. Status fisik ini mencerminkan cadangan fisiologis sistem kardiovaskular dalam merespons stresor. Pasien dengan kategori *ASA* I (sehat normal) memiliki mekanisme autoregulasi yang optimal, sehingga stabilitas hemodinamiknya cenderung terjaga. Sebaliknya, pasien dengan skor *ASA* yang lebih tinggi menunjukkan adanya penyakit sistemik yang dapat menghambat kemampuan kompensasi pembuluh darah dan jantung, sehingga lebih rentan mengalami fluktuasi tekanan darah maupun denyut jantung (Hines & Jones, 2022; Nagelhout & Elisha, 2022).

5) Aktivasi sistem saraf simpatis

Stres, nyeri, dan stimulus invasif memicu aktivasi sistem saraf simpatis yang meningkatkan pelepasan katekolamin. Hal ini menyebabkan peningkatan denyut jantung, kontraktilitas miokard, dan vasokonstriksi perifer yang dapat mengakibatkan peningkatan tekanan darah dan instabilitas hemodinamik bila berlebihan (Harding, *et al.*, 2020).

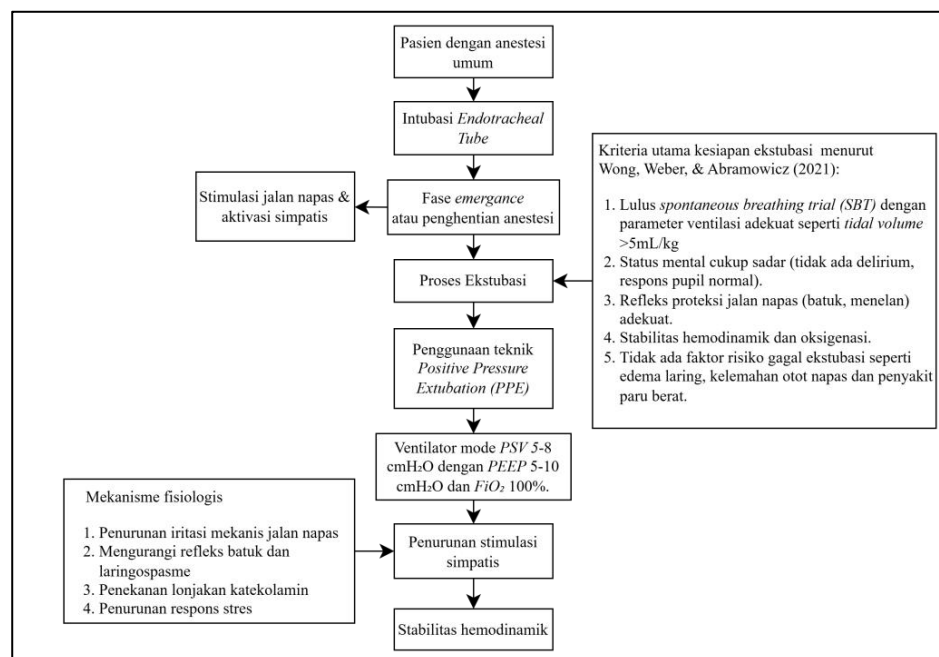
6. Pengaruh *Positive Pressure Extubation* terhadap Perubahan Hemodinamik

Ekstubasi konvensional masih berisiko menimbulkan lonjakan hemodinamik yang signifikan akibat stimulasi *simpatoadrenal* saat

pelepasan endotrakeal. Studi menunjukkan bahwa pada ekstubasi konvensional, terjadi peningkatan frekuensi kejadian hipertensi dan takikardia yang dapat berlangsung selama beberapa menit pasca-ekstubasi, yang berpotensi menyebabkan komplikasi kardiovaskular terutama pada pasien dengan risiko tinggi (Vyas, *et al.*, 2022).

Beberapa studi awal melaporkan teknik ekstubasi dengan tekanan positif (*PPE*) dapat mengurangi komplikasi pernapasan seperti batuk berat (Wong, Weber, & Abramowicz, 2021). Namun, bukti mengenai efektivitas *PPE* dalam mengatasi lonjakan hemodinamik masih terbatas, terutama pada pembandingan langsung dengan teknik konvensional.

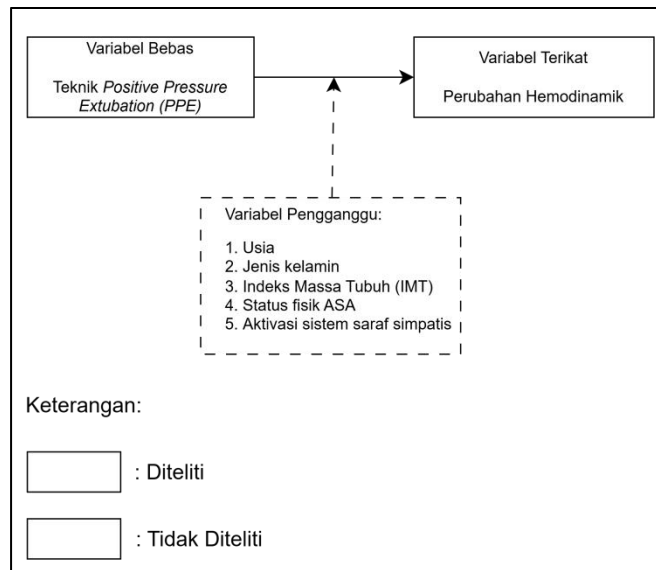
B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

Sumber: Wong, Weber, & Abramowicz (2021); Prabhakaran, *et al.* (2023); Liu, *et al.* (2023); Abougabal, *et al.* (2024); Zhao, *et al.* (2024)

C. Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Ada pengaruh teknik *Positive Pressure Extubation* (PPE) terhadap perubahan hemodinamik pada pasien dengan anestesi umum.