

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Konsep Dasar Parameter Hemodinamik Pascaintubasi

Parameter hemodinamik pascaintubasi merupakan parameter fisiologis yang berfungsi sebagai alat penilaian respons pasien setelah pemasangan endotracheal tube (ETT). Pemantauan parameter hemodinamik dilakukan dengan tujuan mengevaluasi kestabilan kondisi pasien sekaligus mendeteksi secara dini berbagai gangguan yang berpotensi muncul akibat proses induksi anestesi, laringoskopi, maupun intubasi. Penelitian ini mengamati sejumlah parameter hemodinamik pascaintubasi, yakni saturasi oksigen perifer (SpO_2), tekanan darah sistolik, tekanan darah diastolik, *mean arterial pressure* (MAP), serta *heart rate* (HR). Keseluruhan parameter tersebut dimanfaatkan untuk menggambarkan kondisi oksigenasi sekaligus respons kardiovaskular pasien pada fase pascaintubasi.

Hemodinamik mengacu pada kondisi aliran dan tekanan darah dalam sistem sirkulasi yang ditentukan oleh interaksi antara curah jantung, tekanan arteri, dan resistensi vaskular sistemik. Parameter hemodinamik digunakan untuk menilai kecukupan perfusi jaringan, mendeteksi gangguan sirkulasi, serta menjadi dasar dalam pengambilan keputusan klinis pada pasien perioperatif maupun kritis (Pinsky *et al.*, 2022).

a. Saturasi

Saturasi oksigen (SpO_2) merupakan ukuran jumlah oksigen yang terikat dalam hemoglobin darah. Saturasi menunjukkan kadar oksigen yang ada dalam jaringan tubuh. Pengukuran saturasi dilakukan secara non-invasif menggunakan pulse oximeter. Hasil pengukuran dengan nilai tinggi ($>95\%$) diartikan kondisi oksigen dalam tubuh dan fungsi pernapasan baik atau normal, sedangkan nilai yang lebih rendah diartikan dengan kondisi gangguan pasokan oksigen dan risiko hipoksia (Maharani *et al.*, 2024).

b. Tekanan darah (TD)

Menggambarkan kekuatan aliran darah pada dinding arteri saat darah dipompa keluar dari jantung. Nilai tekanan darah diukur dengan tekanan sistolik dan diastolik. Tekanan sistolik merupakan kekuatan aliran darah ketika jantung dalam fase kontriksi yaitu fase dimana jantung memompa darah. Sedangkan tekanan diastolik merupakan kekuatan aliran darah ketika jantung dalam fase relaksasi dimana jantung terisi kembali oleh darah. Tekanan darah mencerminkan interaksi antara curah jantung dan resistensi vaskular sistemik yang berperan dalam mempertahankan perfusi organ dan kestabilan sirkulasi tubuh (Bhaskar *et al.*, 2022).

c. *Heart Rate* (HR)

Frekuensi *heart rate* merupakan jumlah kontraksi jantung per menit yang berperan dalam mempertahankan curah jantung dan

perfusi jaringan. *Heart rate* juga menjadi salah satu parameter hemodinamik yang sensitive terhadap perubahan aktivitas sistem saraf otonom. Peningkatan *heart rate* selama anestesi berlangsung dapat terjadi sebagai respons terhadap nyeri, hipoksia, stres fisiologis, maupun stimulasi jalan napas saat laringoskopi dan intubasi. Sebaliknya, penggunaan opioid dan agen anestesi tertentu dapat menekan respons simpatik sehingga perubahan *heart rate* menjadi lebih terkendali (Hao *et al.*, 2025).

d. Tekanan arteri rata-rata (MAP)

Mean arterial pressure (MAP) merupakan tekanan arteri rata-rata selama satu siklus jantung yang terdiri dari dua fase yang fase sistol dan fase diastol ($\text{MAP} = (\text{tekanan sistolik} + 2 \times \text{tekanan diastolik}) / 3$). MAP merupakan parameter yang menggambarkan tekanan perfusi rata-rata organ dan dipengaruhi oleh keseimbangan antara curah jantung dan resistensi vaskular sistemik. Kestabilan nilai MAP menunjukkan bahwa perfusi dan penghantaran oksigen ke organ vital tetap (Bhaskar *et al.*, 2022).

e. Makna Klinis Parameter Hemodinamik

Saturasi oksigen (SpO_2) merupakan standar pemantauan oksigenasi selama periode perioperatif yang berfungsi memastikan nilai oksigenasi pasien berada dalam kondisi stabil sebelum, selama, maupun setelah anestesi. Parameter ini dipilih sebagai alat pemantauan karena perubahan oksigenasi dapat dideteksi secara

non-invasif dan real-time, meskipun cadangan oksigen darah tidak dapat digambarkan secara langsung melalui parameter ini. Nilai SpO_2 yang ditampilkan pada monitor dapat dijadikan penanda awal gangguan ventilasi yang berpotensi berkembang menjadi komplikasi lebih serius seperti hipoksemia. Penurunan oksigen tidak dapat dideteksi sedini parameter Oxygen Reserve Index (ORI) melalui SpO_2 , tetapi parameter ini tetap diakui sebagai acuan yang mudah dikenali dalam pemantauan perioperative. Waktu intervensi seperti pemberian ventilasi tambahan, optimalisasi jalan napas, maupun penghentian tindakan sementara pun dapat ditentukan oleh operator berdasarkan nilai SpO_2 yang mencerminkan kondisi oksigenasi pasien secara aktual, sehingga komplikasi yang lebih berat dapat dicegah (Saraçoğlu *et al.*, 2024)

Parameter hemodinamik memiliki peran yang tidak kalah penting dalam anestesi, khususnya dalam penentuan kecukupan perfusi organ vital. Aliran darah ke jaringan tubuh dapat terganggu akibat perubahan tekanan darah maupun curah jantung, sehingga organ-organ vital seperti otak, jantung, dan ginjal turut terdampak. Penurunan kedua parameter tersebut dijadikan penanda ketidakadekuatan perfusi yang pada akhirnya memengaruhi oksigenasi jaringan, mengingat suplai oksigen ke seluruh tubuh sangat ditentukan oleh kecukupan tekanan darah dan curah jantung (Monet *et al.*, 2025). Perubahan hemodinamik tersebut umumnya

dipengaruhi oleh agen-agen anestesi yang digunakan, sebab efek vasodilatasi, penurunan preload, maupun depresi miokard yang ditimbulkan oleh sejumlah obat anestesi berpotensi menyebabkan hipotensi (Saugel *et al.*, 2022).

f. Faktor yang Memengaruhi Parameter Hemodinamik Pascaintubasi

Parameter hemodinamik pascaintubasi dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan karakteristik pasien, kondisi klinis, serta tindakan anestesi yang dilakukan. Kondisi oksigenasi pasien setelah intubasi diketahui dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti usia, indeks massa tubuh, saturasi oksigen praoperasi yang rendah, status merokok, durasi operasi lebih dari 120 menit, serta penggunaan analgesik opioid (Xiong, 2024). Perubahan nilai saturasi oksigen pascaintubasi juga dipengaruhi oleh durasi intubasi, jumlah percobaan intubasi, serta jenis obat yang digunakan pada fase induksi anestesi (Maia *et al.*, 2025).

Parameter hemodinamik berupa tekanan darah, *heart rate*, dan *mean arterial pressure* (MAP) turut dipengaruhi oleh sejumlah faktor, yakni usia, tingkat keparahan penyakit, kondisi hipotensi sebelum intubasi, serta jenis obat induksi yang digunakan selama anestesi (Smischney *et al.*, 2020). Kondisi oksigenasi maupun respons kardiovaskular pasien dapat dipengaruhi oleh faktor-faktor tersebut, sehingga perubahan nilai SpO₂, tekanan darah, *heart rate*, dan MAP pada fase pascaintubasi pun turut ditentukan oleh

keberadaan faktor-faktor yang dimaksud. Adapun faktor yang memengaruhi parameter hemodinamik pascaintubasi ETT, antara lain :

1) Jenis Kelamin

Jenis kelamin diketahui dapat memengaruhi respons oksigenasi dan hemodinamik pada kondisi stress oksigen rendah. Perempuan cenderung lebih mampu mempertahankan saturasi oksigen lebih baik dibandingkan laki-laki saat hipoksia terjadi, melalui mekanisme kompensasi sirkulasi yang lebih efektif berupa peningkatan *heart rate* untuk menjaga perfusi jaringan (Sjaus & Fakhory, 2025). Sebaliknya, laki-laki menunjukkan penurunan saturasi oksigen yang lebih besar meskipun disertai dengan peningkatan respons ventilasi. Hal ini mencerminkan perbedaan strategi adaptasi fisiologis terhadap hipoksia antar jenis kelamin (Raberin *et al.*, 2024). Konsistensi temuan tersebut menunjukkan selama kondisi stress oksigen, jenis kelamin dapat berkontribusi terhadap variasi perubahan saturasi oksigen dan parameter hemodinamik (Sjaus & Fakhory, 2025).

2) Usia

Usia pasien dapat menentukan stabilitas parameter hemodinamik. Pasien dengan usia lanjut terjadi penurunan elastisitas vaskular, elastisitas dinding dada dan paru serta penurunan kapasitas cadangan fungsional paru. Pasien usia

lanjut memiliki risiko penurunan hemodinamik yang lebih tinggi dikarenakan cadangan oksigen yang lebih rendah dan menurunnya respon kardiovaskular yang menyebabkan kemampuan jantung dalam mempertahankan curah jantung dan tekanan darah menjadi lebih terbatas dibandingkan pasien usia produktif. Akibatnya, pasien lansia memiliki risiko lebih tinggi terhadap terjadinya hipotensi maupun fluktuasi tekanan darah pascaintubasi. Pasien usia lanjut seringkali disertai dengan kondisi penyakit penyerta yang dapat memperburuk efisiensi pertukaran gas, sehingga lebih beresiko mengalami hipoksemia. (Monet *et al.*, 2025).

3) ASA

American Society of Anesthesiologist (ASA) merupakan klasifikasi yang digunakan untuk penilaian status fisik pasien. Klasifikasi ASA mencerminkan tingkat keparahan penyakit sistemik yang dimiliki pasien. Pasien dengan klasifikasi ASA yang lebih tinggi (ASA III-IV) dinilai memiliki gangguan fungsi organ seperti gangguan sistem pernapasan, sistem kardiovaskular ataupun sistem metabolis yang dapat mengganggu oksigenasi setelah intubasi. Semakin tinggi klasifikasi ASA pasien maka semakin besar pasien beresiko mengalami instabilitas hemodinamik karena dalam kondisi ini pertukaran gas kurang efisien dan kemampuan kompensasi

kardiovaskular yang lebih terbatas menyebabkan risiko penurunan saturasi serta perubahan tekanan darah dan *heart rate* semakin tinggi (Getar M, 2024).

4) IMT

Besar indeks massa tubuh (IMT) berhubungan erat dengan risiko penurunan oksigen setelah intubasi. Pasien dengan IMT tinggi khususnya pasien obesitas mengalami peningkatan tekanan intraabdomen dan dinding dada yang dapat menyebabkan penurunan kapasitas residu fungsional, peningkatan kolaps alveoli, serta gangguan mekanika paru. Kondisi tersebut menyebabkan cadangan oksigen lebih cepat habis dan memperbesar kemungkinan terjadinya hipoksemia. Selain itu, kondisi obesitas juga memperberat beban kerja jantung senggga pasien obesitas rentan terhadap perubahan tekanan darah dan *heart rate* (Russotto *et al.*, 2025).

5) Durasi dan jumlah percobaan intubasi

Lama waktu dan jumlah percobaan intubasi merupakan salah satu faktor procedural yang berkontribusi terhadap kejadian desaturasi pada fase intubasi. Jumlah percobaan intubasi yang lebih banyak akan menambah durasi apnea yang lebih lama sehingga meningkatkan resiko penurunan oksigen pada fase intubasi dan peningkatan stress simpatis yang menyebabkan peningkatan respons tekanan darah dan *heart rate*. Hal ini

dikarenakan berhentinya ventilasi efektif selama manipulasi jalan napas. Intubasi berulang juga seringkali dikaitkan dengan masalah jalan napas dan dapat meningkatkan stress fisiologis (Barbosa & Mosier, 2024).

6) Obat Anestesi

Obat yang digunakan dalam induksi anestesi sebagian besar menyebabkan penurunan tonus otot, vasodilatasi dan depresi pernapasan. Efek obat-obat induksi dapat berpengaruh terhadap penurunan tekanan darah, perubahan MAP dan *heart rate* serta berkontribusi pada penurunan saturasi segera setelah pemberian obat. Preoksigenasi pada kondisi ini akan sangat dibutuhkan untuk meningkatkan cadangan oksigen alveolar yang akan menentukan seberapa baik oksigen dapat dipertahankan selama periode apnea (Sharma *et al.*, 2025).

a) Jenis Obat Induksi

Penggunaan jenis obat induksi anestesi yang berbeda dapat menyebabkan perbedaan nilai parameter hemodinamik. Propofol merupakan salah satu jenis obat induksi anestesi yang sering digunakan dalam praktik anestesi. Propofol memiliki efek vasodilatasi dan depresan kardiovaskular yang berhubungan dengan kejadian hipotensi pasca induksi. Efek hipotensi propofol terjadi melalui kombinasi perifer dan depresi kontraktilitas miokard

sehingga penurunan tekanan dapat muncul seegera setelah induksi anestesi (Gao *et al.*, 2025).

Jenis obat induksi lainnya yang sering digunakan adalah ketamin. Ketamin memiliki kecenderungan lebih baik dalam mempertahankan tekanan darah karena memiliki sifat stimulasi simpatetik (Elsherbiny *et al.*, 2023). Selain itu, thiopental juga merupakan agen induksi yang dapat digunakan pada pasien bedah saraf. Thiopental bekerja dengan menekan aktivitas metabolik serebral dan menurunkan kebutuhan oksigen otak sehingga masih digunakan dalam neuroanestesi pada kondisi tertentu. Namun, penggunaan thiopental dapat menyebabkan perubahan hemodinamik berupa penurunan tekanan darah akibat efek vasodilatasi dan depresi kardiovaskular setelah induksi anestesi, sehingga pemantauan hemodinamik tetap diperlukan selama periode perioperatif (Sharma *et al.*, 2025).

b) Dosis Obat Induksi

Pemberian dosis obat induksi anestesi akan berpengaruh pada parameter hemodinamik pascaintubasi. Pemberian dosis yang lebih tinggi pada propofol dapat meningkatkan risiko hipotensi dan depresi napas yang lebih dalam serta durasi apnea yang lebih lama sehingga potensi penurunan saturasi lebih tinggi. Sedangkan penggunaan

dosis propofol yang lebih rendah memiliki efek depresan kardiovaskular yang lebih ringan (Gao *et al.*, 2025).

c) Jenis Opioid

Opioid merupakan golongan obat analgesik yang bekerja untuk menurunkan persepsi nyeri sehingga sering digunakan untuk mengatasi nyeri sedang hingga berat. Obat yang termasuk dalam golongan opioid diantaranya meliputi fentanyl, remifentanyl, dan morfin. Opioid memiliki beberapa efek seperti depresi napas, sedasi dan efek kardiovaskular (Rullo *et al.*, 2024). Remifentanyl memiliki onset obat yang cepat dan dapat menekan respon hemodinamik pada saat laringoskopi dan intubasi (Hao *et al.*, 2025). Fentanyl memiliki onset yang lebih lama sehingga efek analgesik yang diberikan lebih stabil, tetapi respon hemodinamik pada saat intubasi lebih besar dibandingkan remifentanyl (Okano *et al.*, 2025).

d) Jenis Relaksan Otot

Penggunaan jenis relaksan otot yang berbeda dapat memengaruhi nilai hemodinamik yang berbeda. Relaksan otot memiliki beberapa jenis antara lain atracurium dan rocuronium yang merupakan jenis relaksan otot paling sering digunakan dalam praktik klinik. Atracurium memiliki potensi menyebabkan fluktuasi hemodinamik dan perubahan

oksigenasi yang lebih besar yang dimungkinkan berkaitan dengan efek pelepasan histamin dan perubahan tonus vaskular perifer. Sedangkan rocuronium tidak terlalu menimbulkan perubahan signifikan pada saturasi, denyut nadi, tekanan darah sistolik dan diastolik serta MAP (Abbass & Radeef, 2024).

2. Intubasi Endotrakeal

a. Definisi

Intubasi endotrakeal adalah prosedur pemasangan alat bantu napas berupa tabung endotrakeal kedalam trakea melalui laring. Pemasangan ini berfungsi untuk mencapai patensi jalan napas yang adekuat. Intervensi ini dilakukan untuk mengoptimalkan ventilasi dan oksigenasi serta meminimalkan resiko terjadinya aspirasi sekresi dan isi lambung masuk dalam saluran napas. Pemasangan *endotracheal tube* (ETT) juga ditujukan untuk memfasilitasi pemberian agen anestesi inhalasi serta ventilasi mekanis yang sudah diatur selama perioperatif, sehingga meningkatkan stabilitas fungsi pernapasan selama prosedur pembedahan (Pardo & Miller, 2018).

b. Fase Intubasi dalam Anestesi

Prosedur intubasi endotrakeal dalam anestesi dilakukan melalui serangkaian tahap yang berurutan yang dimulai dari fase persiapan

dan berlanjut hingga fase pascaintubasi. Tahapan tersebut umumnya terdiri dari :

1) Fase persiapan dan preoksigenasi

Fase awal intubasi dimulai dengan persiapan dan preoksigenasi. Fase persiapan sebelum intubasi dilakukan untuk melakukan penilaian status jalan napas sebelum dilakukan intubasi, pemilihan alat dan teknik intubasi yang sesuai dengan kondisi pasien dan memastikan strategi yang aman untuk patensi jalan napas selama operasi berlangsung. Selain itu, pada fase awal ini dilakukan preoksigenasi guna meningkatkan cadangan oksigen dalam tubuh dikarenakan pada fase intubasi akan terjadi fase apnea saat laringoskopi dan pemasangan alat bantu napas. Preoksigenasi yang efisien ditujukan untuk memperpanjang durasi apnea yang aman sebelum terjadi desaturasi sehingga terhindar dari risiko hipoksemia (Aslanidis, 2023; Barbosa & Mosier, 2024).

2) Fase Induksi

Fase selanjutnya setelah dilakukan persiapan dan preoksigenasi adalah fase induksi, dimana dalam fase ini akan dilakukan pemberian agen anestesi melalui inhalasi maupun intravena. Pemberian agen anestesi berupa agen induksi dan relaksan diberikan untuk memfasilitasi pemasangan *endotracheal tube*. Agen anestesi yang diberikan memiliki efek

berupa penurunan kesadaran, pelemahan otot pernapasan yang dapat menimbulkan penurunan nilai saturasi dan rentan terhadap perubahan hemodinamik. Selain itu, prosedur laringoskopi juga dapat menimbulkan stimulus yang memicu aktivasi saraf simpatis dan menimbulkan respon fisiologis berupa kenaikan *heart rate* dan tekanan darah (Aslanidis, 2023).

3) Fase Intubasi

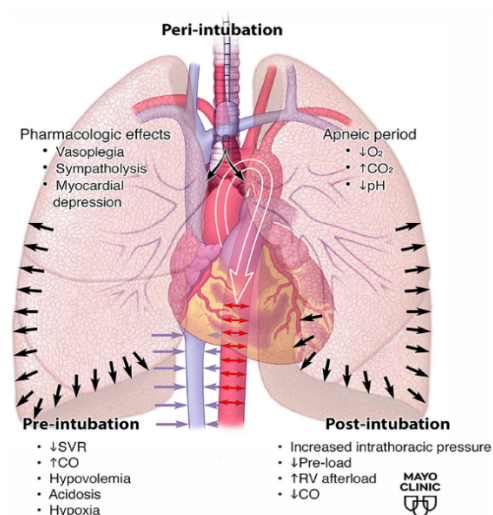
Tahap ini mencakup pemasangan pipa endotrakeal kedalam trakea melalui orofaring hingga mencapai posisi yang sesuai. Keberhasilan pemasangan ett ditentukan melalui masuknya pipa endotrakeal, pengembangan cuff dan konfirmasi posisi yang tepat untuk menjamin ventilasi dan oksigenasi aman serta efektif selama operasi berlangsung. Ketidakpatenan pemasangan ett dapat ditandai dengan nilai saturasi yang akan cenderung mengalami penurunan yang beresiko mengalami gangguan ventilasi hingga ketidakstabilan fisiologis (Aslanidis, 2023).

4) Fase Pascaintubasi

Tahap akhir dalam fase intubasi adalah fase pascaintubasi. Dalam fase ini dilakukan pemantauan tingkat oksigenasi dan respons kardiovaskular seperti tekanan darah dan *heart rate* untuk mengidentifikasi tanda ketidakstabilan setelah dilakukan intubasi. Perubahan yang terjadi setelah intubasi dapat berlanjut hingga selama prosedur pembedahan. Hal ini beresiko

menyebabkan gangguan pada sistem respirasi dan kardiovaskular, sehingga penting dilakukan pemantauan pada fase ini (Aslanidis, 2023).

c. Dampak Intubasi terhadap Parameter Hemodinamik



Gambar 1. Patofisiologi Fase Intubasi

Sumber : Garcia *et al.*, (2025)

Prosedur intubasi endotrakeal merupakan prosedur yang dilakukan untuk mengamankan jalan napas dan mengamankan ventilasi serta oksigenasi agar adekuat. Prosedur intubasi berkaitan dengan saturasi terutama pada fase durasi apnea dan laringoskopi. Tahap ini pasien akan rentan mengalami penurunan saturasi oksigenasi karena pada fase ini akan terjadi penghentian ventilasi spontan sehingga cadangan oksigen alveolar akan mengalami penurunan. Hal ini menyebabkan terjadinya perubahan fisiologis yaitu penurunan functional residual capacity (FRC). FRC merupakan volume udara yang tersisa dalam paru-paru setelah ekspirasi normal

tanpa pengeluaran tenaga pada paru-paru maupun dinding dada. Selain itu, pada fase intubasi juga beresiko mengalami kolaps alveoli atau atelectasis. Atelektasis ini terjadi karena penurunan FRC yang menyebabkan saluran napas kecil pada bawah paru menutup akibat dari perbedaan tekanan dengan udara luar. Hal ini berpengaruh pada pertukaran gas oksigen dan karbondioksida pada paru-paru (Aljmmaz *et al.*, 2024; Guérin *et al.*, 2022).

Prosedur intubasi endotrakeal juga dapat menyebabkan fluktuasi respons kardiovaskular dikarenakan pada fase laringoskopi dan intubasi dapat memicu refleksi fisiologis. Refleksi fisiologis berupa peningkatan tekanan darah dan *heart rate* ini muncul akibat stimulasi reseptor aferen di posterior faring yang dipersarafi oleh saraf kranialis IX dan X dan stimulasi ini mengaktifkan sistem saraf simpatis. Selain itu, penggunaan obat induksi anestesi dan opioid juga dapat menimbulkan efek depresan kardiovaskular, seperti hipotensi dan bradikardi (Aslanidis, 2023).

3. Metode Preoksigenasi

a. Definisi Preoksigenasi

Preoksigenasi merupakan bagian penting dalam pengendalian jalan napas dalam anestesi. Preoksigenasi meningkatkan cadangan oksigen tubuh yang dapat memperpanjang waktu aman sebelum terjadinya hipoksemia selama periode apnea setelah induksi anestesi (Carvalho *et al.*, 2024). Indikator utama untuk menilai efektivitas

preoksigenasi adalah peningkatan fraksi oksigen alveolar (FAO₂), penurunan fraksi nitrogen alveolar (FAN₂) dan peningkatan tekanan parsial oksigen arteri (PaO₂) (Danish, 2021). Pemberian oksigen praoperatif dengan fraksi oksigen tinggi (100%) dapat membantu mencegah hipoksemia selama intubasi melalui mekanisme denitrogenasi paru dan meningkatkan kandungan oksigen dalam plasma. Hasil dari peningkatan cadangan oksigen tubuh yaitu memperpanjang *safe time apnea* dan meningkatkan toleransi pasien terhadap periode tanpa ventilasi (Chiang *et al.*, 2022)

b. Tujuan dan Manfaat Preoksigenasi pada Anestesi

Tujuan dilakukannya preoksigenasi adalah menyediakan cadangan oksigen, memperlambat terjadinya penurunan saturasi oksigen selama periode apnea, memberi tambahan waktu bagi operator apabila dalam kondisi jalan napas sulit sehingga meningkatkan tingkat keamanan pasien selama proses induksi anestesi umum. Selain itu preoksigenasi juga bertujuan mencegah desaturasi dan komplikasi hipoksemia selama manajemen jalan napas terutama pada pasien dengan resiko tinggi (Chiang *et al.*, 2022; Carvalho *et al.*, 2024).

c. Hubungan Preoksigenasi dengan Parameter Hemodinamik

Pemberian preoksigenasi sebelum induksi anestesi secara fisiologis dapat mengganti nitrogen didalam *functional residual capacity* (FRC) sehingga volume oksigen yang tersedia di alveoli

dan darah meningkat secara signifikan. Adanya cadangan oksigen yang lebih besar dapat memperpanjang waktu toleransi apnea hingga SpO₂ turun ke batas kritis. Hal ini menunjukkan adanya penundaan penurunan saturasi selama periode tanpa ventilasi (Roveri *et al.*, 2025).

Preoksigenasi dapat berpengaruh juga terhadap respons kardiovaskular secara tidak langsung. Kondisi tubuh kurang oksigen atau hipoksia dapat mengaktifasi kemoreseptor perifer yang kemudian merangsang sistem saraf simpatis. Aktivasi ini memicu pelepasan katekolamin yang menyebabkan peningkatan *heart rate*, vasokonstriksi perifer, dan perubahan tekanan darah sebagai mekanisme kompensasi untuk mempertahankan perfusi jaringan vital (Garcia *et al.*, 2025). Preoksigenasi yang dilakukan sebelum tindakan berperan penting dalam menurunkan risiko terjadinya hipoksia, sehingga stimulasi simpatis yang tajam akibat hipoksia dapat diminimalkan. Hal ini membantu mengurangi fluktuasi kardiovaskular yang biasanya terjadi selama rangsangan kuat seperti intubasi (Monet *et al.*, 2025).

d. Peran Preoksigenasi dalam Operasi Bedah Saraf

Preoksigenasi merupakan salah satu intervensi penting dalam bedah saraf yang berfungsi untuk melindungi jaringan saraf selama neuroanestesi karena otak tidak mempunyai cadangan oksigen yang memadai sehingga sangat bergantung pada suplai oksigen yang

konstan. Preoksigenasi yang adekuat meningkatkan kadar oksigen akhir ekspirasi (EtO_2) sehingga berpengaruh terhadap saturasi oksigen (SpO_2) tetap stabil selama fase apnea dan intubasi. Preoksigenasi yang optimal dapat mengurangi risiko desaturasi selama proses intubasi, sehingga diperlukan penggunaan metode preoksigenasi yang lebih efektif. Preoksigenasi yang efektif dapat menurunkan kejadian hipoksemia intraoperatif dan mencegah cedera iskemik akut pada otak. Penurunan saturasi dalam waktu singkat pada pasien bedah saraf dapat memicu vasodilatasi serebral yang berpotensi meningkatkan tekanan intrakranial dan menurunkan perfusi serebral. Dengan demikian preoksigenasi tidak hanya mencegah hipoksia dengan mempertahankan saturasi tetapi juga secara tidak langsung menjaga kestabilan kardiovaskular karena desaturasi dapat memicu respon simpatik berupa penurunan tekanan darah dan takikardi (Hoiland *et al.*, 2023; Jaber *et al.*, 2023).

e. Metode Preoksigenasi *Tidal Volume Breathing* (TVB)

1) Definisi

Preoksigenasi dengan metode *Tidal Volume Breathing* (TVB) merupakan metode preoksigenasi umum dimana pasien akan diminta untuk bernapas secara spontan dengan volume tidal normal menggunakan oksigen 100% menggunakan facemask yang tersambung dengan mesin anestesi dan aliran gas serta saluran pengendali tekanan yang dapat disesuaikan untuk

memungkinkan napas spontan. TVB disebut sebagai metode preoksigenasi konvensional karena mekanismenya bergantung pada pengisian kapasitas residual fungsional (FRC) paru-paru secara bertahap dengan oksigen melalui napas alami pasien sampai kadar end-tidal oksigen (EtO_2) mencapai tingkat normal (Tanrıverdi *et al.*, 2025).

2) Besar Aliran Oksigen dan Durasi Preoksigenasi

Pengaturan aliran oksigen pada preoksigenasi dengan metode *Tidal volume breathing* dapat diberikan dengan aliran 10-15L/menit dengan oksigen 100% untuk mencegah masuknya udara sekitar. Penerapan besar aliran ini dapat mencapai konsentrasi oksigen akhir (EtO_2) setidaknya 90% dalam jangka waktu 3-5 menit (Aslanidis, 2023).

3) Prosedur Preoksigenasi menggunakan Metode *Tidal Volume Breathing* (TVB)

- a) Pastikan pasien dalam kondisi sadar atau minimal dalam kondisi napas spontan
- b) Ukur saturasi dan parameter hemodinamik (tekanan darah, *heart rate* dan MAP) sebelum dilakukan preoksigenasi
- c) Catat hasil pengukuran untuk dijadikan data baseline atau data pre intervensi
- d) Siapkan masker wajah (*facemask*) yang sesuai dengan ukuran pasien

- e) Preoksigenasi umumnya dilakukan dengan pemberian FiO_2 100% menggunakan aliran oksigen tinggi, berkisar antara 10–15 L/menit, untuk mempercepat denitrogenasi dan meningkatkan cadangan oksigen paru
- f) Pasang *facemask* menutup hidung dan mulut, pastikan tidak bocor
- g) Minta pasien untuk bernapas biasa selama 3-5 menit
- h) Setelah 3-5 menit lanjutkan periode induksi anestesi dan intubasi. Selama periode induksi, ventilasi pasien disesuaikan dengan protokol rumah sakit
- i) Setelah intubasi dilakukan monitoring perubahan TD, HR, MAP dan SpO_2 . Pengambilan data dimulai pada menit ke-1, ke-5, ke-10 dan ke-15 setelah intubasi sebagai data posttest. Pengukuran menit ke-1 sebagai fase paling krusial akibat respons simpatik pasca-intubasi dan menit berikutnya untuk menilai stabilitas parameter hemodinamik lanjutan sesuai dengan pendekatan penelitian sebelumnya (Hazra *et al.*, 2023).

f. Metode Preoksigenasi dengan Ventilator *Pressure Support Ventilation* dengan *Positive End-Expiratory Pressure* (PSV + PEEP)

1) Definisi

Metode preoksigenasi dengan *Pressure Support Ventilation* dengan *Positive End-Expiratory Pressure* (PSV + PEEP) adalah teknik preoksigenasi noninvasif menggunakan mesin anestesi yang memadukan tekanan bantuan inspirasi (PSV) untuk meningkatkan volume tidal dan memperbaiki ventilasi alveolus dengan tekanan positif pada akhir ekspirasi (PEEP) yang berfungsi menjaga alveoli tetap terbuka serta memperbesar kapasitas residu fungsional. Perpaduan antara PSV dan PEEP ini dapat mempercepat pengisian FRC, menstabilkan proses ventilasi dan meningkatkan cadangan oksigen lebih optimal (Tanrıverdi *et al.*, 2025). Meskipun penggunaan PEEP yang berlebihan dapat meningkatkan tekanan intratorakal sehingga berpotensi menurunkan aliran balik vena dan curah jantung. Efek ini dapat diminimalkan dengan penyesuaian tekanan yang tepat maka kombinasi PSV + PEEP umumnya tidak menimbulkan gangguan hemodinamik yang bermakna (La Via, 2025)

Penggunaan metode ventilator PSV + PEEP ketika preoksigenasi dapat menghasilkan volume tidal dan tekanan

jalan napas yang lebih konsisten. Metode preoksigenasi PSV + PEEP telah dibuktikan aman digunakan pada pasien obesitas dan pasien-pasien dengan potensi ventilasi sulit. Kombinasi PSV dan PEEP mampu meningkatkan ventilasi alveolar serta mempertahankan FRC lebih efektif sehingga cadangan oksigen lebih optimal yang ditunjukkan dengan nilai PaO_2 lebih tinggi sehingga memperngaruhi durasi apnea yang aman sehingga penurunan saturasi oksigen cenderung lebih lambat (Rajendran *et al.*, 2023).

2) Setting Ventilator PSV + PEEP

Penerapan setting preoksigenasi ventilator mode PSV + PEEP dapat diatur dengan memberikan dukungan tekanan berkisar 5-10 cmH_2O dan disertai dengan PEEP diatur pada 5 cmH_2O . Setting ventilator ini disesuaikan untuk mencapai volume tidal yang berkisar 6-8 $\text{cmH}_2\text{O/kgBB}$. (Monet *et al.*, 2025). Pengaturan PEEP pada 5 cmH_2O dipilih sebagai level awal yang cukup untuk mencegah kolaps alveoli dan meningkatkan oksigenasi tanpa menyebabkan gangguan hemodinamik yang signifikan (Algera *et al.*, 2022). Rentang durasi pemberian preoksigenasi secara konvensional preoksigenasi dilakukan 3-5 menit, tetapi pada pasien kritis dapat diperpanjang hingga 5-8 menit untuk mencapai konsentrasi oksigen akhir ekspirasi yang optimal. Pada pasien

kegawadaruratan dapat dilakukan preoksigenasi minimal 3 menit atau sampai saturasi oksigen akhir stabil umumnya diatas 90% (Aslanidis, 2023).

3) Prosedur Preoksigenasi menggunakan Metode Ventilator PSV + PEEP

- a) Pastikan pasien dalam kondisi sadar atau minimal dalam kondisi napas spontan
- b) Ukur saturasi dan parameter hemodinamik (tekanan darah, *heart rate* dan MAP) sebelum dilakukan preoksigenasi
- c) Catat hasil pengukuran untuk dijadikan data baseline atau data pre intervensi
- d) Siapkan masker wajah (*facemask*) yang sesuai dengan ukuran pasien
- e) Atur oksigen 100% dengan mode PSV diatur 5-10 cmH₂O dan PEEP diatur 5 cmH₂O
- f) Pasang *facemask* menutup hidung dan mulut, pastikan tidak bocor
- g) Minta pasien untuk bernapas biasa selama 3-5 menit
- h) Setelah 3-5 menit lanjutkan periode induksi anestesi dan intubasi. Selama periode induksi, ventilasi pasien disesuaikan dengan protokol rumah sakit

- i) Setelah intubasi dilakukan monitoring perubahan TD, HR, MAP dan SpO₂. Pengambilan data dimulai pada menit ke-1, ke-5, ke-10 dan ke-15 setelah intubasi sebagai data posttest. Pengukuran menit ke-1 sebagai fase paling krusial akibat respons simpatik pasca-intubasi dan menit berikutnya untuk menilai stabilitas parameter hemodinamik lanjutan sesuai dengan pendekatan penelitian sebelumnya (Hazra *et al.*, 2023).

4. Konsep Dasar Bedah Saraf

a. Definisi Bedah Saraf

Bedah saraf merupakan cabang ilmu kedokteran yang berfokus pada pembedahan untuk memperbaiki masalah yang terjadi pada sistem saraf. Sistem saraf pusat terdiri dari saraf yang terhubung ke otak, sumsum tulang belakang serta sistem saraf perifer. Fokus utama pada bedah saraf adalah penanganan cedera traumatis, kelainan vaskular dan tumor. Kondisi-kondisi tersebut apabila tidak ditangani dengan baik dapat menyebabkan kematian atau kecacatan permanen. Intervensi bedah diperlukan untuk menghentikan perkembangan gangguan sistem saraf karena sistem saraf pusat sangat rentan terhadap stress eksternal (Kondo, 2023).

b. Ruang Lingkup dan Jenis Tindakan Bedah Saraf

Bedah saraf meliputi berbagai gangguan pada sistem saraf pusat maupun sistem saraf perifer. Kondisi yang ditangani

mencakup kelainan vaskular seperti aneurisma, perdarahan otak, dan stroke hemoragik. Selain itu bedah saraf juga menangani cedera kepala, trauma tulang belakang, tumor otak hingga kelainan bawaan dan gangguan fungsional seperti epilepsi yang tidak responsif terhadap obat serta nyeri kronis yang memerlukan teknik neuroablasi atau neuromodulasi (Laguardia *et al.*, 2025). Prosedur yang dilakukan pada bidang bedah saraf meliputi berbagai teknik operatif seperti kraniotomi untuk mengangkat tumor atau mengurangi perdarahan. Prosedur bedah saraf yang dilakukan pada tulang belakang dapat berupa laminektomi, disektomi, stabilisasi atau fusi vertebra, serta teknik perkutaneus yang bertujuan untuk dekompresi maupun fiksasi. Penatalaksanaan pasien dalam situasi terencana (elektif) maupun kasus kegawatdaruratan turut tercakup dalam lingkup praktik ini (Sarnthein *et al.*, 2022).

Berbagai kasus intrakranial, seperti *intracerebral hemorrhage* (ICH), *epidural hematoma* (EDH), *subdural hematoma* (SDH), hidrosefalus, dan *defect cranium*, umumnya menjadi dasar tindakan operasi yang dijalani oleh pasien bedah saraf. Kondisi tersebut telah diketahui dapat memicu perubahan fisiologis berupa peningkatan tekanan intrakranial, gangguan perfusi serebral, serta peningkatan kebutuhan oksigen pada jaringan otak (He *et al.*, 2023). Efek massa yang ditimbulkan oleh hematoma pada kasus perdarahan intrakranial telah diidentifikasi sebagai faktor yang berkontribusi

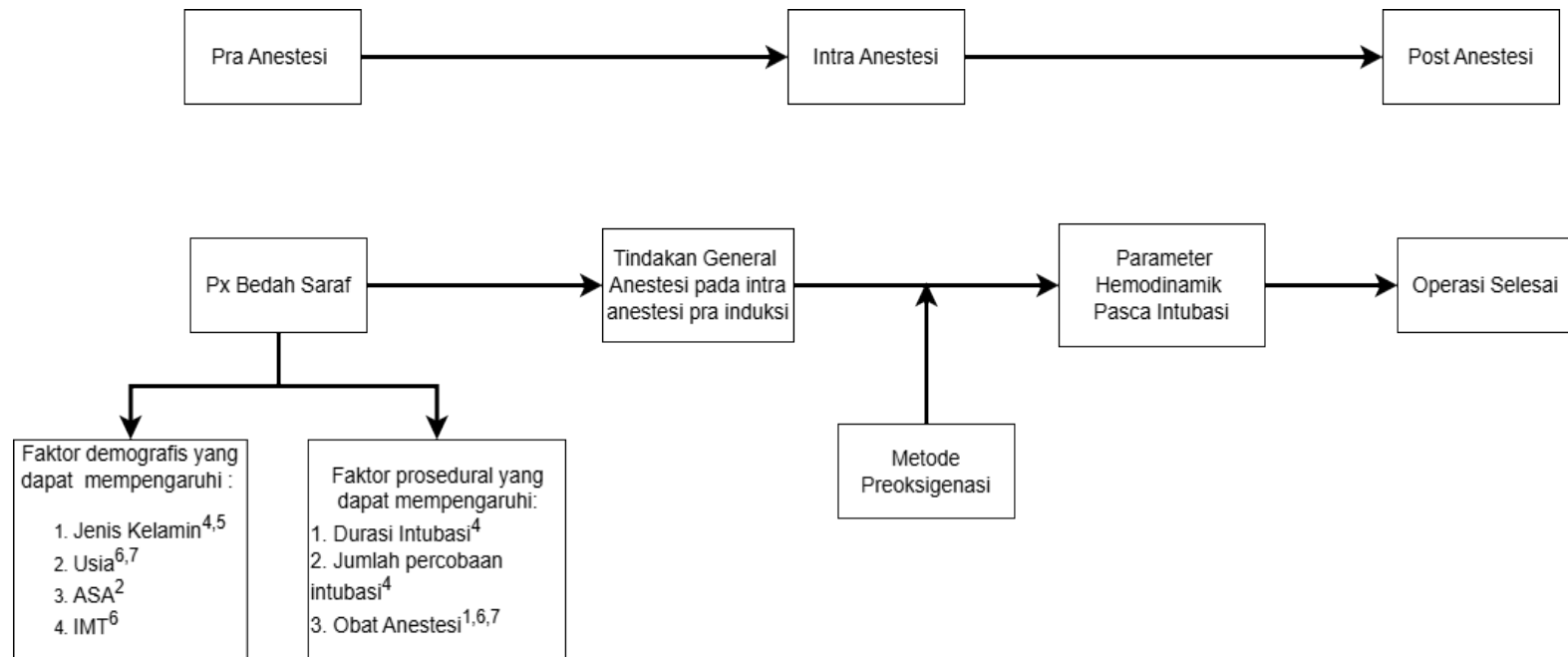
terhadap terjadinya edema serebri dan penurunan perfusi otak, sehingga keseimbangan oksigenasi dan hemodinamik perlu dipertahankan selama tindakan anestesi berlangsung (Cucciolini *et al.*, 2023). Upaya menjaga oksigenasi yang adekuat dan stabilitas hemodinamik guna mempertahankan perfusi serebral serta mencegah terjadinya cedera otak sekunder pun menjadi fokus utama dalam manajemen anestesi yang diterapkan pada pasien bedah saraf (Greenberg *et al.*, 2022).

c. Karakteristik Fisiologi Pasien Bedah Saraf

Jaringan otak pada pasien bedah saraf memiliki kebutuhan metabolik yang sangat tinggi dengan cadangan oksigen yang terbatas. Kondisi ini menjadikan otak sebagai organ yang paling rentan terhadap kejadian hipoksia. Kerentanan tersebut semakin diperberat oleh terganggunya fungsi lapisan pelindung darah otak yang dapat dipicu oleh berbagai kondisi patologis, seperti hipertensi akut, trauma kepala, infeksi, maupun hipoksemia. Manifestasi klinis yang ditimbulkan beragam, mulai dari penurunan kesadaran, kejang, gangguan fungsi saraf kranial, hingga defisit motorik dan sensorik yang dapat berdampak signifikan terhadap kualitas hidup pasien. Peningkatan tekanan intrakranial dan gangguan perfusi serebral turut berkontribusi terhadap berkurangnya penghantaran oksigen ke jaringan otak secara adekuat. Oleh karena itu, identifikasi dini terhadap kondisi neurologis dan hemodinamik pada fase

perioperatif dinilai sangat krusial dalam upaya mencegah perburukan klinis yang tidak diinginkan (Hoiland *et al.*, 2023).

B. Kerangka Teori



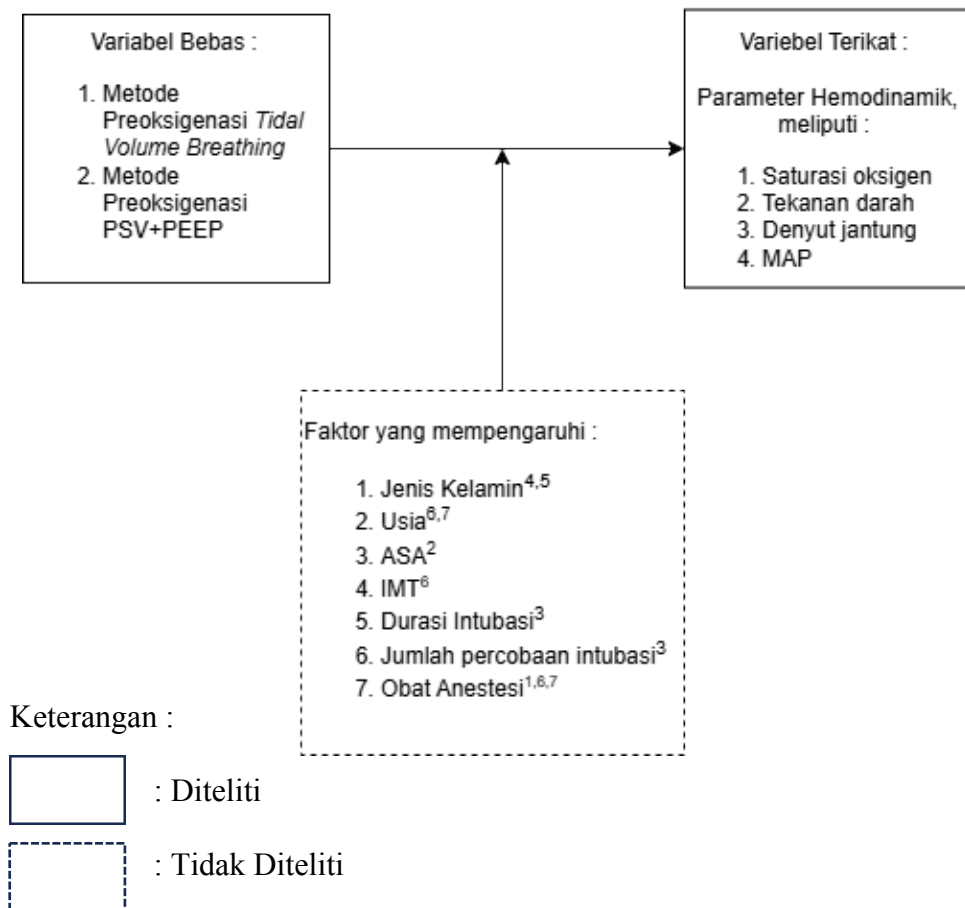
Gambar 2. Kerangka Teori

Sumber : Abbass & Radeef, (2024)¹ ; Getar M, (2024)² ; Maia *et al.*, (2025)³; Oliveira *et al.*, (2025)⁴ ; Raberin *et al.*, (2024)⁵ ; Smischney *et al.*, (2020)⁶ ; (Xiong, 2024)⁷

Berdasarkan Gambar 2, Kerangka teori penelitian ini menunjukkan alur penelitian pada pasien bedah saraf yang menjalani anestesi umum dengan intubasi *endotracheal tube*. Pada fase intra anestesi pasien akan dibagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok intervensi. Pasien yang termasuk dalam kelompok kontrol akan diberi preoksigenasi menggunakan metode *tidal volume breathing* dan pasien pada kelompok intervensi akan diberikan preoksigenasi menggunakan metode *pressure support ventilation* dengan *positive end expiratory pressure* (PSV + PEEP).

Perbedaan metode preoksigenasi tersebut akan digunakan untuk menilai pengaruh dari masing-masing metode terhadap parameter hemodinamik pasien pascaintubasi. Saturasi oksigen mencerminkan oksigenasi pasien dan hemodinamik mencerminkan respons kardiovaskular. Selain metode preoksigenasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 parameter hemodinamik dapat dipengaruhi oleh faktor demografis dan faktor prosedural intraoperatif. Faktor demografis meliputi jenis kelamin, usia, status fisik, ASA, indeks massa tubuh. Sementara itu, faktor prosedural intraoperatif meliputi durasi intubasi, jumlah percobaan intubasi dan obat anestesi yang digunakan.

C. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka Konsep

D. Hipotesis Penelitian

H_0 : Tidak ada pengaruh penggunaan metode preoksigenasi terhadap parameter hemodinamik pascaintubasi *endotracheal tube* pada pasien bedah saraf

H_a : Ada pengaruh penggunaan metode preoksigenasi terhadap parameter hemodinamik pascaintubasi *endotracheal tube* pada pasien bedah saraf.