

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Konsep Pembedahan dengan Anestesi Umum

Pembedahan adalah suatu tindakan medis invasif yang dilakukan melalui prosedur tertentu dengan membuka atau mengakses bagian tubuh pasien, biasanya dengan membuat sayatan, untuk mengatasi kondisi penyakit, memperbaiki jaringan atau organ yang rusak, atau melakukan tindakan terapeutik lain yang tidak dapat diatasi secara non-invasif. Tindakan pembedahan mencakup rangkaian langkah yang dimulai dari persiapan pra-operatif, fase intra-operatif ketika pembedahan berlangsung, hingga perawatan pasca-operasi untuk mendukung pemulihan pasien. Karena pembedahan bersifat invasif dan dapat memengaruhi jaringan serta fungsi organ lain, maka prosedur ini biasanya dilakukan dengan dukungan anestesi yang tepat untuk memastikan kenyamanan pasien, menghilangkan nyeri, serta membantu tim medis mengendalikan status fisiologis pasien secara optimal (Hartini *et al.*, 2024).

Salah satu jenis anestesi yang sering digunakan dalam tindakan pembedahan adalah anestesi umum, yaitu teknik pemberian obat yang ditujukan untuk menciptakan keadaan hilangnya kesadaran, analgesia (tidak merasakan nyeri), amnesia (tidak ingat), dan relaksasi otot sehingga memungkinkan pelaksanaan tindakan pembedahan secara

aman dan tanpa respon nyeri dari pasien. Tujuan utama anestesi umum adalah memberikan kondisi fisiologis yang mendukung keberhasilan pembedahan dengan menghilangkan sensitivitas terhadap rangsangan nyeri, menstabilkan fungsi hemodinamik, serta memfasilitasi pengendalian jalan napas dan fungsi respirasi selama tindakan operatif berlangsung (Millizia *et al.*, 2025). Anestesi umum berpengaruh terhadap status oksigenasi pasien yang dicerminkan dari perubahan nilai saturasi oksigen (SpO_2) selama periode perioperatif, khususnya pada fase induksi dan pascainduksi anestesi umum (Sumarno *et al.*, 2023).

Pemberian anestesi umum memiliki pengaruh signifikan terhadap sistem respirasi karena obat-obatan anestesi dapat menimbulkan depresi pada pusat pernapasan dan penurunan tonus otot respirasi, yang membuat ventilasi spontan pasien cenderung menurun (Millizia *et al.*, 2025). Sebagai bukti empiris dari penelitian di Indonesia, studi yang menilai efektivitas oksigenasi dan ventilasi selama induksi anestesi umum menunjukkan bahwa nilai SpO_2 dan $EtCO_2$ tetap dalam batas normal ketika ventilasi dilakukan dengan benar, tetapi tetap penting dilakukan pemantauan intensif terhadap parameter-parameter tersebut untuk mengevaluasi keadaan respirasi pasien selama induksi hingga fase awal pembedahan (Nugraha *et al.*, 2021). Implikasi ini menunjukkan bahwa anestesi umum tidak hanya berperan dalam mengontrol nyeri dan kesadaran, tetapi juga secara langsung mempengaruhi pertukaran gas dan status oksigenasi pasien, yang harus dikelola dengan tepat untuk

mencegah komplikasi respirasi selama dan setelah tindakan pembedahan (Millizia *et al.*, 2025; Nugraha *et al.*, 2021).

2. Konsep Intubasi Endotrakeal

a. Pengertian Intubasi Endotrakeal

Intubasi endotrakeal merupakan tindakan medis yang dilakukan dengan memasukkan pipa endotrakeal (*endotracheal tube*/ETT) ke dalam trakea melalui mulut atau hidung dengan tujuan untuk mengamankan jalan napas serta memastikan ventilasi dan oksigenasi yang adekuat pada pasien yang menjalani anestesi umum atau kondisi tertentu lainnya (Purwoko *et al.*, 2021). Dalam praktik anestesiologi, intubasi endotrakeal menjadi prosedur standar karena mampu menjaga patensi jalan napas dan memungkinkan pemberian oksigen serta gas anestesi secara optimal selama tindakan pembedahan. Penelitian oleh Saputra *et al.* 2023 menunjukkan bahwa penggunaan intubasi endotrakeal pada anestesi umum merupakan bagian integral dari manajemen jalan napas yang aman, meskipun dapat menimbulkan efek samping pascaoperasi seperti nyeri tenggorok

Tujuan utama intubasi endotrakeal adalah menjaga keterbukaan jalan napas dan menjamin pertukaran gas yang efektif selama pasien berada dalam kondisi tidak sadar akibat anestesi umum (Purwoko *et al.*, 2021). Selain itu, intubasi bertujuan untuk melindungi saluran pernapasan bawah dari risiko aspirasi sekret,

darah, maupun isi lambung, serta memfasilitasi pemberian ventilasi mekanik apabila pasien tidak mampu bernapas secara spontan (Saputra *et al.*, 2023). Dalam konteks perioperatif, intubasi endotrakeal memungkinkan pengendalian jalan napas yang optimal sehingga oksigenasi pasien tetap terjaga selama proses pembedahan, sekaligus meminimalkan komplikasi respirasi yang dapat terjadi selama anestesi umum (Purwoko *et al.*, 2021).

b. Indikasi dan Kontraindikasi Intubasi Endotrakeal

Intubasi endotrakeal diindikasikan pada kondisi klinis yang memerlukan pengamanan jalan napas secara definitif dan kontrol ventilasi yang adekuat. Indikasi utama meliputi gagal napas akut, baik hipoksemik maupun hiperkapnik, penurunan kesadaran dengan nilai *Glasgow Coma Scale* ≤ 8 yang menyebabkan refleks protektif jalan napas menurun, serta kondisi dengan risiko aspirasi tinggi seperti pasien dengan perdarahan saluran cerna, ileus, atau lambung penuh. Selain itu, intubasi endotrakeal merupakan prosedur standar pada pasien yang menjalani anestesi umum, khususnya pada tindakan pembedahan mayor, untuk memastikan ventilasi dan oksigenasi tetap terkontrol selama prosedur berlangsung (Alvarado & Panakos, 2025).

Kontraindikasi intubasi endotrakeal umumnya bersifat relatif karena sebagian besar kondisi masih dapat ditangani dengan teknik jalan napas alternatif. Namun, beberapa kondisi memerlukan

kewaspadaan tinggi, seperti trauma berat pada wajah dan leher, fraktur basis kranii, instabilitas tulang servikal, serta obstruksi jalan napas yang signifikan. Pada kondisi tersebut, manipulasi jalan napas dapat meningkatkan risiko cedera dan memperburuk keadaan pasien (Avva *et al.*, 2025).

c. Prosedur Intubasi Endotrakeal

Prosedur intubasi endotrakeal pada anestesi umum diawali dengan persiapan alat dan obat secara menyeluruh untuk menjamin keselamatan dan keberhasilan tindakan. Alat yang disiapkan meliputi laringoskop dengan bilah yang sesuai, pipa endotrakeal berbagai ukuran, spuit untuk pengembangan *cuff*, stetoskop, *bag-valve-mask*, sumber oksigen, serta sistem ventilasi. Selain itu, obat-obatan anestesi seperti agen induksi, relaksan otot, dan obat emergensi wajib tersedia sebelum tindakan dilakukan. Setelah persiapan alat dan obat, dilakukan persiapan pasien dengan pemasangan monitor standar anestesi yang meliputi elektrokardiografi, tekanan darah non-invasif, dan saturasi oksigen perifer (SpO₂) (Avva *et al.*, 2025).

Induksi anestesi yaitu pemberian obat induksi hingga pasien mencapai kondisi tidak sadar, yang diikuti dengan pemberian relaksan otot sesuai indikasi untuk memfasilitasi manipulasi jalan napas. Selanjutnya dilakukan praoksigenasi menggunakan oksigen konsentrasi tinggi melalui masker wajah selama beberapa menit

dengan tujuan meningkatkan cadangan oksigen alveolar dan menurunkan risiko gangguan status oksigenasi selama periode *apnea* yang menyertai proses intubasi (Aroonpruksakul *et al.*, 2022).

Setelah pemberian relaksan otot dan sebelum laringoskopi, pasien memasuki fase *apnea* di mana tidak terjadi ventilasi spontan. Pada fase ini praoksigenasi bertujuan meningkatkan cadangan oksigen untuk memperpanjang durasi *safe apnea time*, yaitu waktu antara mulai *apnea* sampai saturasi oksigen turun ke ambang kritis (sekitar SpO₂ 90 %). *Safe apnea time* setelah praoksigenasi efektif dengan 100 % oksigen dapat mencapai beberapa menit pada pasien dewasa sehat, memungkinkan waktu yang lebih panjang untuk pengamanan jalan napas sebelum terjadi desaturasi signifikan (Carvalho *et al.*, 2024; Monet, 2025). Durasi ini sangat bervariasi antar individu dan dipengaruhi oleh kondisi pasien serta teknik oksigenasi yang digunakan, sehingga meskipun praoksigenasi dilakukan risiko penurunan saturasi tetap ada selama periode *apnea* (Carvalho *et al.*, 2024; Monet, 2025).

Setelah kondisi anestesi adekuat tercapai, pasien diposisikan dalam posisi *sniffing* untuk menyelaraskan sumbu oral, faring, dan laring sehingga visualisasi glotis dapat optimal selama laringoskopi (Hagberg & Artime 2022). Kemudian operator melakukan visualisasi pita suara menggunakan laringoskop langsung atau video laringoskop, lalu memasukkan pipa endotrakeal melalui glotis ke

dalam trakea. Posisi pipa endotrakeal harus segera dikonfirmasi dengan auskultasi lapang paru dan observasi ekspansi dada bilateral. Setelah posisi pipa dipastikan benar, pipa endotrakeal difiksasi kemudian dihubungkan ke sistem ventilasi mekanik untuk mempertahankan ventilasi dan oksigenasi pasien selama anestesi umum berlangsung (Avva *et al.*, 2025).

d. Komplikasi Intubasi Endotrakeal

Intubasi endotrakeal merupakan prosedur yang esensial dalam manajemen jalan napas, namun tidak terlepas dari berbagai komplikasi yang dapat terjadi selama pelaksanaannya. Komplikasi tersebut meliputi trauma jaringan jalan napas, respons hemodinamik, salah penempatan pipa, hingga gangguan pertukaran gas. Salah satu komplikasi paling signifikan selama intubasi endotrakeal adalah desaturasi oksigen, yaitu penurunan saturasi oksigen arteri yang dapat terjadi sejak fase induksi hingga pemasangan pipa endotrakeal. Desaturasi terutama disebabkan oleh periode *apnea* selama laringoskopi, berkurangnya cadangan oksigen fungsional, serta tertundanya ventilasi efektif akibat kesulitan atau lamanya proses intubasi (Alvarado & Panakos, 2025).

3. Fase Laringoskopi sebagai Periode Kritis Intubasi Endotrakeal

a. Pengertian dan Batasan Fase Laringoskopi

Fase laringoskopi merupakan bagian integral dari prosedur intubasi endotrakeal yang berfokus pada visualisasi struktur laring untuk memungkinkan pemasangan pipa endotrakeal secara tepat. Fase ini dimulai sejak bilah laringoskop dimasukkan ke dalam rongga mulut hingga glotis terlihat dan pipa endotrakeal berhasil melewati pita suara (Jaber *et al.*, 2020). Fase laringoskopi memiliki batasan waktu dan tindakan yang jelas serta berbeda dari fase persiapan, induksi anestesi, maupun fase ventilasi setelah pipa terpasang.

Dalam anestesi umum, fase laringoskopi dilakukan setelah pasien mencapai kedalaman anestesi yang adekuat dan setelah pemberian relaksan otot, sehingga refleks protektif jalan napas menghilang. Pada tahap ini, tidak terjadi ventilasi aktif karena pasien berada dalam kondisi *apnea*, sementara manipulasi jalan napas dilakukan untuk mencapai visualisasi glotis yang optimal. Karakteristik tersebut menjadikan fase laringoskopi sebagai periode yang singkat namun memiliki implikasi fisiologis yang signifikan, khususnya terhadap sistem respirasi dan status oksigenasi pasien (Russotto *et al.*, 2021; Higgs *et al.*, 2021).

b. *Apnea* Selama Fase Laringoskopi

Apnea merupakan kondisi berhentinya ventilasi spontan yang terjadi secara sengaja selama anestesi umum, terutama setelah induksi dan pemberian relaksan otot. Pada fase laringoskopi, *apnea* bersifat fisiologis dan tidak terhindarkan, karena ventilasi alveolar dihentikan sementara untuk memfasilitasi visualisasi laring dan pemasangan pipa endotrakeal. Meskipun ventilasi berhenti, kebutuhan metabolik jaringan terhadap oksigen tetap berlangsung secara kontinu (Jaber *et al.*, 2020).

Selama periode *apnea*, cadangan oksigen alveolar menjadi satu-satunya sumber oksigen untuk mempertahankan saturasi oksigen arteri. Cadangan ini sangat dipengaruhi oleh efektivitas praoksigenasi, kapasitas residu fungsional paru, serta kondisi fisiologis pasien. Pada fase laringoskopi yang memanjang atau pada pasien dengan cadangan oksigen terbatas, penurunan tekanan parsial oksigen alveolar dapat terjadi dengan cepat, sehingga memperpendek *safe apnea time* dan meningkatkan risiko terjadinya desaturasi (Carvalho *et al.*, 2024; Monet, 2025).

c. Risiko Gangguan Status Oksigenasi Selama Fase Laringoskopi

Fase laringoskopi dikenal sebagai periode dengan risiko gangguan status oksigenasi tertinggi selama anestesi umum. Kondisi *apnea* yang terjadi pada fase ini, disertai dengan berlanjutnya konsumsi oksigen jaringan, menyebabkan penurunan cadangan

oksigen alveolar secara progresif. Secara klinis, kondisi ini terdeteksi sebagai penurunan nilai saturasi oksigen perifer (SpO₂) atau desaturasi (Jaber *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2021).

Berbagai studi internasional melaporkan bahwa kejadian desaturasi selama atau segera setelah fase laringoskopi masih sering terjadi, bahkan pada pasien dewasa dengan anestesi umum elektif. Russotto *et al.* (2021) dalam studi kohort besar melaporkan bahwa sekitar 9–15% pasien mengalami penurunan saturasi oksigen selama fase peri-laringoskopi, dengan sebagian kasus mengalami hipoksemia berat. Temuan ini menegaskan bahwa fase laringoskopi merupakan periode kritis yang berkontribusi signifikan terhadap kejadian *adverse events* peri-intubasi.

Penurunan saturasi oksigen selama fase laringoskopi tidak hanya bersifat perubahan angka SpO₂ semata, tetapi memiliki implikasi klinis yang lebih luas. Hipoksemia akut pada periode ini telah dikaitkan dengan peningkatan risiko aritmia jantung, iskemia miokard, instabilitas hemodinamik, serta gangguan perfusi serebral, terutama apabila desaturasi berlangsung berulang atau tidak segera tertangani (Jaber *et al.*, 2020; Sun *et al.*, 2021).

4. Saturasi Oksigen

a. Pengertian Saturasi Oksigen

Saturasi oksigen adalah persentase hemoglobin dalam darah yang berikatan dengan oksigen dibandingkan dengan kapasitas total

hemoglobin yang tersedia. Saturasi oksigen mencerminkan kecukupan oksigen yang dibawa darah untuk memenuhi kebutuhan metabolisme jaringan tubuh. Dalam praktik anestesi umum, pemantauan saturasi oksigen menjadi parameter penting karena adanya proses induksi, intubasi endotrakeal, dan fase apneik sementara yang dapat menyebabkan penurunan cadangan oksigen apabila tidak dikelola dengan baik. Pengukuran saturasi oksigen perifer (SpO_2) menggunakan *pulse oximetry* memungkinkan pemantauan secara kontinu, non-invasif, dan *real-time* selama tindakan anestesi (Nugraha *et al.*, 2021).

b. Parameter yang Berkaitan dengan Saturasi Oksigen

Status oksigenasi pasien dapat dinilai melalui beberapa parameter fisiologis yang menggambarkan kecukupan oksigen dalam darah arteri dan jaringan. Parameter-parameter tersebut meliputi tekanan parsial oksigen arteri (PaO_2), saturasi oksigen arteri (SaO_2), saturasi oksigen perifer (SpO_2), serta parameter pendukung lain yang berkaitan dengan fungsi respirasi.

1) Tekanan Parsial Oksigen Arteri (PaO_2)

PaO_2 menggambarkan tekanan oksigen terlarut dalam darah arteri dan merupakan indikator langsung kecukupan oksigen di alveoli serta efektivitas pertukaran gas paru. Nilai PaO_2 diperoleh melalui pemeriksaan analisis gas darah arteri (*arterial blood gas/ABG*), sehingga bersifat invasif dan tidak

memungkinkan pemantauan kontinu. Meskipun PaO_2 memberikan informasi yang akurat mengenai oksigenasi, penggunaannya kurang praktis untuk menilai perubahan oksigenasi secara cepat selama fase laringoskopi yang berlangsung singkat dan dinamis (Yang *et al.*, 2024).

2) Saturasi Oksigen Arteri (SaO_2)

SaO_2 menunjukkan persentase hemoglobin yang terikat oksigen dalam darah arteri dan juga diperoleh melalui pemeriksaan gas darah. Parameter ini merefleksikan kapasitas pengangkutan oksigen oleh hemoglobin secara langsung. Namun, seperti PaO_2 , pengukuran SaO_2 bersifat invasif dan tidak dapat dilakukan secara kontinu, sehingga kurang sesuai untuk memantau perubahan status oksigenasi secara *real-time* selama periode *apnea* pada fase laringoskopi (Yamakage, 2025).

3) Saturasi Oksigen Perifer (SpO_2)

SpO_2 merupakan estimasi saturasi hemoglobin yang terikat oksigen yang diukur secara non-invasif menggunakan *pulse oximetry*. Parameter ini memungkinkan pemantauan oksigenasi secara kontinu dan *real-time*, sehingga sangat bermanfaat untuk mendeteksi perubahan status oksigenasi secara cepat. SpO_2 banyak digunakan dalam praktik anestesi karena mampu memberikan peringatan dini terhadap terjadinya desaturasi sebelum muncul tanda klinis lain yang lebih berat. Karakteristik

ini menjadikan SpO₂ sebagai indikator yang paling sesuai untuk menilai dinamika status oksigenasi selama fase laringoskopi yang singkat, kritis, dan sangat bergantung pada waktu (Sun *et al.*, 2021; Yamakage, 2025).

4) Parameter Pendukung Lain

Selain parameter oksigenasi langsung, pemantauan respirasi selama anestesi umum juga dapat didukung oleh parameter lain seperti *end-tidal carbon dioxide* (EtCO₂) untuk menilai ventilasi alveolar, serta frekuensi napas dan pola ventilasi. Namun, parameter-parameter tersebut lebih mencerminkan aspek ventilasi dan eliminasi karbon dioksida, sehingga tidak secara langsung menggambarkan kecukupan oksigenasi selama periode *apnea* pada fase laringoskopi (Yang *et al.*, 2024).

Berdasarkan karakteristik tersebut, SpO₂ dipilih sebagai parameter utama dalam penelitian ini karena mampu memberikan gambaran perubahan status oksigenasi secara kontinu, cepat, dan non-invasif selama fase laringoskopi. Pemilihan SpO₂ sebagai indikator tunggal dinilai paling relevan untuk mengevaluasi perubahan status oksigenasi pada periode *apnea* yang berlangsung singkat dan bersifat kritis, dibandingkan parameter lain yang bersifat invasif atau tidak memungkinkan pemantauan *real-time*.

c. Faktor-faktor yang Memengaruhi Saturasi Oksigen Selama Laringoskopi

Saturasi oksigen selama fase laringoskopi pada anestesi umum dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkaitan dengan karakteristik pasien dan proses tindakan. Faktor-faktor ini berperan dalam menentukan besar kecilnya cadangan oksigen paru serta kemampuan kompensasi fisiologis pasien selama periode *apnea*.

1) Usia Pasien

Fungsi paru dan cadangan oksigen alveolar dipengaruhi oleh usia. Pasien lanjut usia mengalami penurunan elastisitas paru, perubahan ventilasi hingga perfusi, dan cadangan oksigen alveolar yang lebih rendah. Hal ini meningkatkan risiko desaturasi selama fase *apnea* setelah induksi dan pemberian relaksan otot (Nugraha *et al.*, 2021).

Usia berperan dalam cadangan oksigen paru. Menurut WHO (2021), kategori dewasa muda hingga dewasa akhir mencakup usia 18–60 tahun, pada rentang ini fungsi respirasi relatif stabil dan cadangan oksigen paru tidak banyak dipengaruhi oleh perubahan fisiologis terkait usia.

2) Indeks Massa Tubuh (IMT)

Pasien dengan IMT tinggi memiliki cadangan oksigen paru yang lebih rendah akibat penurunan *functional residual capacity* dan peningkatan konsumsi oksigen, sehingga lebih rentan

mengalami penurunan nilai SpO₂ selama fase *apnea* selama laringoskopi (Nugraha *et al.*, 2021; Rahmah *et al.*, 2025). Berdasarkan klasifikasi WHO (2020), IMT <25 kg/m² termasuk kategori berat badan normal, sedangkan IMT ≥25 kg/m² dikategorikan *overweight* atau obesitas, yang berisiko menurunkan cadangan oksigen paru.

3) Status Fisik ASA

Status fisik ASA mencerminkan kondisi kesehatan umum pasien yang berkaitan dengan fungsi sistem respirasi dan kardiovaskular. Pasien dengan status ASA lebih tinggi memiliki kemampuan kompensasi oksigenasi yang lebih rendah selama periode *apnea*, sehingga stabilitas SpO₂ dapat lebih mudah terganggu selama proses intubasi. Pasien dengan status ASA tinggi (≥III) memiliki kemampuan kompensasi oksigenasi yang lebih rendah dan risiko gangguan oksigenasi lebih tinggi dibanding pasien dengan ASA I–II (Nugraha *et al.*, 2021).

4) Lama Waktu Laringoskopi

Lama waktu laringoskopi berhubungan langsung dengan durasi *apnea* dan cadangan oksigen alveolar, karena jalan napas yang lebih sulit cenderung memerlukan waktu laringoskopi lebih lama, sehingga risiko desaturasi meningkat (Nugraha *et al.*, 2021). Kesulitan jalan napas ini dapat diprediksi menggunakan

Skor Mallampati, yang menilai visibilitas struktur orofaring pasien. Klasifikasi Mallampati terdiri dari:

- a) Kelas I: Lengkung uvula, tonsil, dan faring sepenuhnya terlihat.
- b) Kelas II: Uvula terlihat sebagian, tonsil tertutup sebagian.
- c) Kelas III: Uvula tidak terlihat sepenuhnya, hanya dasar tonsil terlihat.
- d) Kelas IV: Tidak terlihat uvula maupun tonsil.

Pasien dengan Mallampati kelas I–II memiliki jalan napas yang relatif tidak sulit, sehingga durasi laringoskopi cenderung lebih singkat dan cadangan oksigen alveolar lebih stabil selama fase *apnea*, sedangkan pasien dengan kelas III–IV berisiko memerlukan waktu laringoskopi lebih lama, yang dapat meningkatkan kemungkinan desaturasi (Nugraha *et al.*, 2021).

5. Oksigenasi Selama Laringoskopi (*Apneic Oxygenation*)

Oksigenasi adalah proses fisiologis dalam sistem respirasi untuk memastikan bahwa oksigen yang dihirup mencapai alveoli paru, berdifusi ke dalam darah melalui membran alveolo-kapiler, dan diangkut oleh hemoglobin ke jaringan tubuh untuk memenuhi kebutuhan metabolik. Dalam konteks intubasi endotrakeal, oksigenasi sangat krusial karena pasien berada dalam kondisi *apnea* sementara akibat anestesi umum dan relaksasi otot, yang menyebabkan terhentinya ventilasi spontan. Cadangan oksigen tubuh selama fase ini menjadi

penentu utama dalam menjaga saturasi oksigen arteri dalam batas aman, sehingga mencegah timbulnya hipoksemia dan komplikasi sistemik yang dapat memperburuk prognosis pasien (Nimmagadda *et al.*, 2023).

Selama periode *apnea* yang terjadi selama laringoskopi, ventilasi alveolar aktif berhenti sehingga pertukaran udara yang dibantu oleh gerakan napas juga terhenti. Meski demikian, proses difusi oksigen dari hidung melalui saluran napas ke alveoli dapat tetap berlangsung apabila tersedia gradien tekanan parsial oksigen yang positif. Dengan pemakaian kanul nasal, bahkan pada *low-flow*, oksigen tambahan yang diberikan dapat masuk ke saluran napas atas dan terdistribusi ke alveoli melalui *apneic oxygenation*, di mana oksigen terus berdifusi meskipun ventilasi aktif tidak terjadi.

Sebagai bukti empiris penerapan *apneic oxygenation* melalui kanul nasal, Geng *et al.* melakukan *randomized non-inferiority controlled trial* di sebuah pusat rumah sakit di Tiongkok. Penelitian ini melibatkan 125 pasien dewasa berusia 18–60 tahun yang menjalani anestesi umum untuk tindakan bedah elektif dengan tujuan menilai perbedaan *safe apnea time* dan fraksi oksigen periglottis/trakea antara kelompok yang menerima oksigen tambahan melalui berbagai teknik dibandingkan dengan tanpa oksigen tambahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan oksigen melalui kanul nasal pada aliran 10 L/menit bersama dengan modifikasi nasofaring memberikan *safe apnea time* yang lebih panjang serta fraksi oksigen yang lebih tinggi dibandingkan

kelompok tanpa oksigen tambahan. Temuan ini memberikan wawasan tentang efektivitas *apneic oxygenation* dalam meningkatkan cadangan oksigen dan memperpanjang *safe apnea time* selama fase *apnea* intubasi endotrakeal pada populasi dewasa. (Geng *et al.*, 2025)

6. Pemberian Oksigen Melalui Kanul Nasal Selama Laringoskopi

a. Konsep Pemberian Oksigen Melalui Kanul Nasal Selama Laringoskopi

Pemberian oksigen melalui kanul nasal selama laringoskopi merupakan metode oksigenasi yang dilakukan secara kontinu melalui kanula hidung pada fase *apnea* selama proses intubasi endotrakeal, dengan tujuan mempertahankan saturasi oksigen tetap adekuat. Teknik ini memanfaatkan prinsip *apneic oxygenation*, di mana oksigen tetap dapat berdifusi ke alveoli meskipun tidak terjadi ventilasi aktif akibat penghentian napas sementara selama induksi anestesi dan laringoskopi. Pemberian oksigen melalui kanul nasal dapat membantu menjaga oksigenasi selama manajemen jalan napas dan menurunkan kejadian gangguan status oksigenasi dibandingkan tanpa pemberian oksigen selama fase intubasi (Aroonpruksakul *et al.*, 2022; Waheed *et al.*, 2025).

b. Mekanisme Kerja Pemberian Oksigen Melalui Kanul Nasal Selama Laringoskopi

Selama periode *apnea* selama laringoskopi, ventilasi alveolar aktif berhenti akibat induksi anestesi dan penggunaan

relaksan otot, sehingga tidak terjadi pertukaran udara inspirasi dan ekspirasi secara mekanis. Meskipun demikian, konsumsi oksigen oleh jaringan tubuh tetap berlangsung, yang menyebabkan penurunan tekanan parsial oksigen di alveoli (PAO_2) dan penyerapan oksigen ke dalam kapiler paru. Proses ini menciptakan gradien tekanan parsial oksigen antara saluran napas atas yang kaya oksigen sementara alveoli mengalami penurunan PAO_2 , sehingga memungkinkan terjadinya difusi oksigen secara pasif ke alveoli meskipun tanpa ventilasi aktif (Wetsch *et al.*, 2022).

Pemberian oksigen melalui kanula hidung selama fase *apnea* mempertahankan tekanan parsial oksigen yang tinggi di nasofaring dan orofaring. Perbedaan tekanan parsial oksigen ini mendorong pergerakan oksigen secara kontinu dari saluran napas atas menuju alveoli mengikuti hukum difusi gas, di mana gas bergerak dari area dengan tekanan parsial lebih tinggi ke area dengan tekanan parsial lebih rendah. Dengan demikian, oksigen tetap dapat masuk ke alveoli dan berdifusi ke dalam darah, sedangkan peningkatan karbon dioksida terjadi secara bertahap karena CO_2 memiliki kapasitas penyimpanan yang besar dalam darah dan jaringan, sehingga akumulasinya di alveoli berlangsung lebih lambat selama periode *apnea* (Wetsch *et al.*, 2021; Aroonpruksakul *et al.*, 2022).

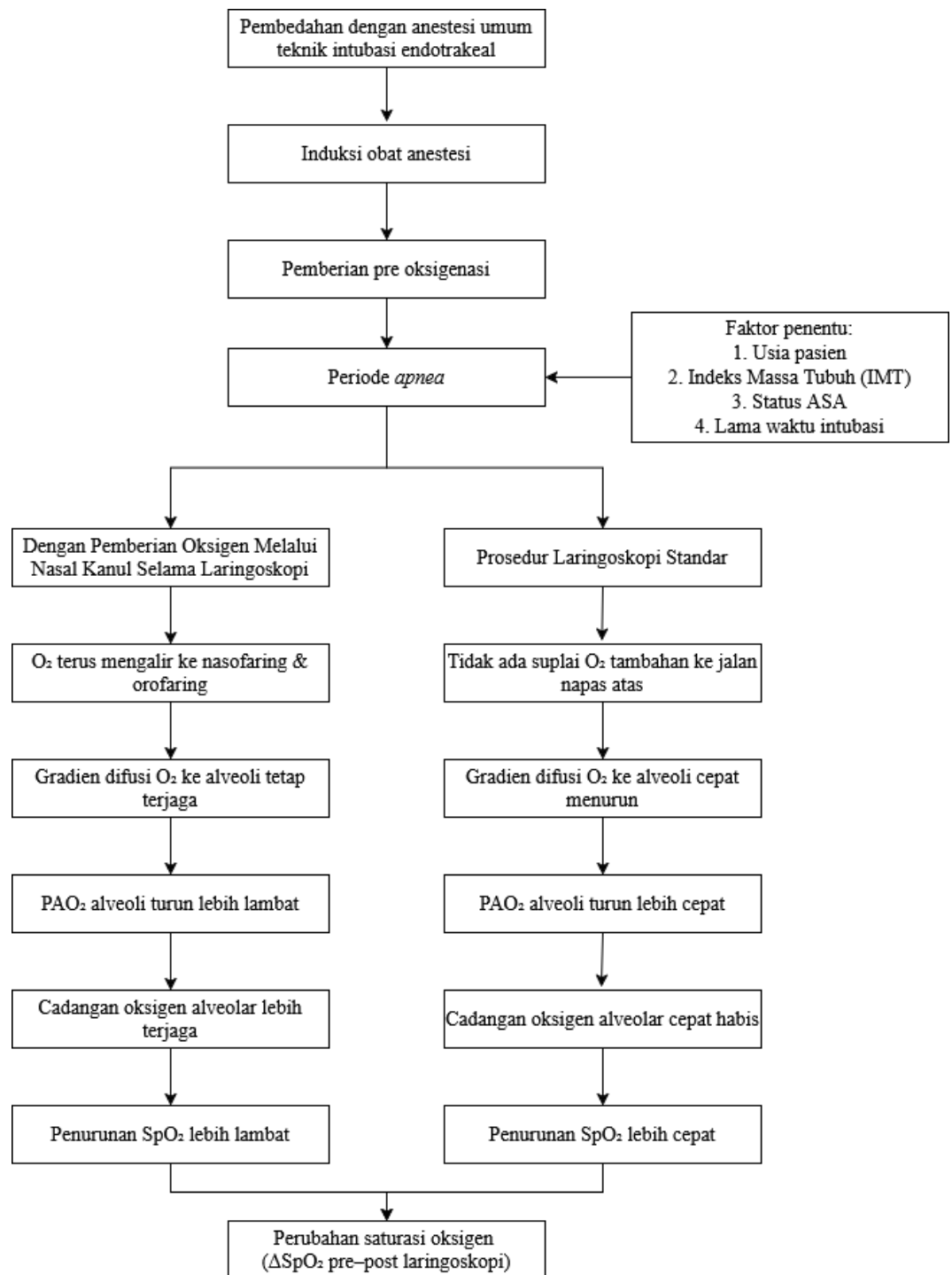
c. Metode Pemberian Oksigen dan Pengaturan Aliran Oksigen

Apneic oxygenation selama laringoskopi dapat dilakukan menggunakan kanula hidung dengan aliran rendah maupun aliran tinggi. Pada kanula hidung standar, aliran oksigen umumnya berkisar antara 4–6 L/menit karena mampu mempertahankan saturasi oksigen selama fase *apnea* tanpa menimbulkan ketidaknyamanan maupun mengganggu prosedur laringoskopi (Ray *et al.*, 2023; Waheed *et al.*, 2025).

Aliran oksigen 4 L/menit termasuk dalam kategori aliran rendah yang umum digunakan pada terapi oksigen standar. Laju aliran 1–6 L/menit dapat menghasilkan FiO_2 sekitar 24%–44%, dengan setiap peningkatan 1 L/menit meningkatkan FiO_2 sekitar 4%–5%. Pada aliran 4 L/menit, estimasi FiO_2 mencapai 36%–40%, sehingga cukup untuk meningkatkan cadangan oksigen alveolar dan mempertahankan stabilitas saturasi oksigen selama *apnea* singkat pada pasien dewasa dengan jalan napas tidak sulit (Mallampati I–II) (Ernstmeyer & Christman, 2023).

Uji klinis acak terkontrol oleh Ray *et al.* (2023) pada pasien dewasa yang menjalani anestesi umum dengan intubasi endotrakeal menunjukkan bahwa pemberian oksigen melalui kanula hidung aliran rendah selama fase *apnea* mampu mempertahankan saturasi oksigen lebih baik serta menurunkan kejadian desaturasi dibandingkan kelompok tanpa oksigenasi apneik.

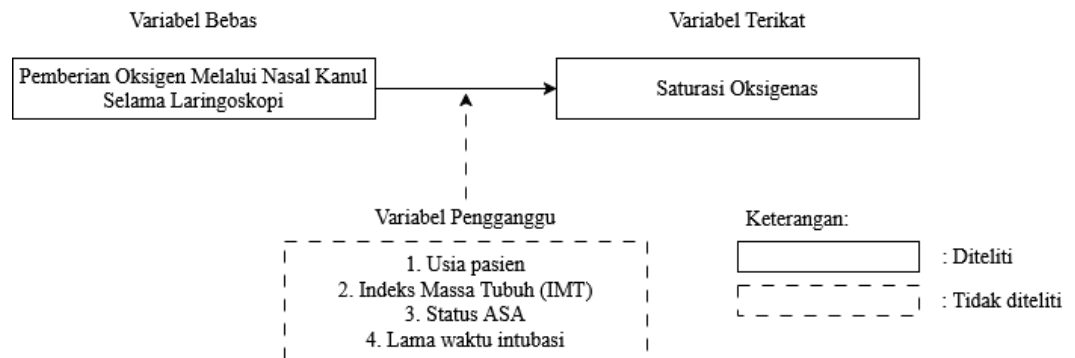
B. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

Nugraha *et al.* (2021); Purwoko *et al.* (2021); Wetsch *et al.* (2021); Aroonpruksakul *et al.* (2022); Nimmagadda *et al.* (2023); Waheed *et al.* (2025); Millizia *et al.* (2025).

C. Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

D. Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah:

H_a : Terdapat pengaruh pemberian oksigen melalui kanul nasal selama laringoskopi terhadap saturasi oksigen pada pasien dengan anestesi umum teknik intubasi endotrakeal.

H_0 : Tidak terdapat pengaruh pemberian oksigen melalui kanul nasal selama laringoskopi terhadap saturasi oksigen pada pasien dengan anestesi umum teknik intubasi endotrakeal.