

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Ventilasi Mekanik

a. Definisi

Ventilasi mekanik merupakan suatu bentuk terapi penunjang kehidupan yang digunakan pada pasien yang tidak mampu mempertahankan ventilasi dan oksigenasi secara adekuat secara mandiri. Tujuan utama ventilasi mekanik adalah untuk mempertahankan pertukaran gas yang optimal, menurunkan kerja napas, serta menjaga stabilitas fisiologis pasien (Hickey, 2024). Pada pasien bedah saraf, penggunaan ventilasi mekanik memiliki fungsi menjaga ventilasi dan kadar karbon dioksida yang dapat memengaruhi aliran darah otak dan tekanan intrakranial (Al Sharie, *et al.*, 2025).

b. Jenis-jenis Mode Ventilasi di Mesin Anestesi

Mode ventilasi yang tersedia di mesin anestesi ada beberapa jenis antara lain: *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation + Pressure Support (SIMV + PS)*, *Volume Controlled Ventilation (VCV)*, *Pressure Controlled Ventilation (PCV)*, *Pressure Support Ventilation (PSV)*, *Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)*, *Pressure Controlled Volume Guaranteed (PCV-VG)*. Berikut ini adalah penjelasannya:

1) *Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation + Pressure Support (SIMV + PS)*

Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation (SIMV) merupakan mode ventilasi mekanik yang memberikan sejumlah napas wajib (*mandatory breaths*) yang disinkronkan dengan usaha napas pasien, sekaligus memungkinkan pasien untuk bernapas secara spontan di antara napas *mandatory* tersebut (Al Sharie, *et al.*, 2025). Pada mode *SIMV* yang dikombinasikan dengan *Pressure Support (SIMV + PS)*, setiap napas spontan pasien akan dibantu dengan tekanan positif tambahan selama fase inspirasi.

Mode *SIMV + PS* dirancang untuk mengombinasikan kontrol ventilasi dengan kesempatan bagi pasien untuk mempertahankan aktivitas pernapasan spontan. Hal ini menjadikan *SIMV + PS* sering digunakan dalam fase transisi atau *weaning* dari ventilasi mekanik (Hickey, 2024).

Penggunaan *SIMV + PS* pada pasien bedah saraf memberikan beberapa manfaat, antara lain mempertahankan ventilasi terkontrol melalui napas *mandatory* serta memungkinkan latihan otot pernapasan melalui napas spontan. Selain itu, dukungan *pressure support* pada napas spontan dapat menurunkan kerja napas tanpa meniadakan usaha pernapasan pasien (Gallagher & Adamsky, 2025).

Pengaturan *SIMV + PS* harus disesuaikan dengan kondisi neurologis dan hemodinamik pasien. Ventilasi yang tidak adekuat dapat memengaruhi kadar PaCO_2 dan tekanan intrakranial (Al Sharie, *et al.*, 2025).

2) *Volume Controlled Ventilation (VCV)*

Volume Controlled Ventilation (VCV) merupakan mode ventilasi di mana volume tidal ditetapkan dokter anastesi, sedangkan tekanan jalan napas akan bervariasi tergantung pada compliance dan resistensi paru pasien. Mode ini sering digunakan pada fase awal anastesi umum karena mampu menjamin ventilasi menit yang adekuat dan stabil. Pada pasien dengan compliance paru menurun, *VCV* berisiko menyebabkan peningkatan tekanan puncak jalan napas (*peak airway pressure*), yang dapat meningkatkan risiko barotrauma (Jaber, *et al.*, 2024).

3) *Pressure Controlled Ventilation (PCV)*

Pressure Controlled Ventilation (PCV) adalah mode ventilasi dengan menetapkan tekanan inspirasi, sedangkan volume tidal yang dihasilkan bergantung pada kondisi paru pasien. Mode ini memberikan aliran inspirasi yang menurun (*decelerating flow*), sehingga distribusi gas ke alveoli lebih merata dan tekanan puncak jalan napas lebih rendah dibandingkan *VCV*. *PCV* sering dipilih pada pasien bedah saraf

karena dapat membantu mengontrol tekanan intratorakal dan meminimalkan tekanan intrakranial (Jaber, *et al.*, 2024)

4) *Pressure Support Ventilation (PSV)*

Pressure Support Ventilation (PSV) merupakan mode ventilasi berbasis napas spontan, di mana setiap inspirasi pasien dibantu oleh tekanan positif tertentu (*pressure support*). Mesin anestesi hanya memberikan bantuan saat pasien memicu napas (*trigger*), sehingga mode ini sangat bergantung pada *drive* napas pasien. *PSV* banyak digunakan pada fase pemulihan anestesi dan transisi menuju ekstubasi, karena dapat meningkatkan kenyamanan pasien dan mempertahankan aktivitas otot pernapasan (Jaber, *et al.*, 2024).

5) *Continuous Positive Airway Pressure (CPAP)*

Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) merupakan mode ventilasi yang memberikan tekanan positif konstan sepanjang siklus napas, tanpa memberikan napas wajib. Pasien sepenuhnya bernapas spontan dengan bantuan tekanan positif untuk menjaga patensi alveoli. Mode ini sering digunakan pada akhir anestesi untuk menilai kesiapan pasien sebelum ekstubasi (Jaber, *et al.*, 2024).

6) *Pressure Controlled Volume Guaranteed (PCV-VG)*

Pressure Controlled Volume Guaranteed (PCV-VG) mode ventilasi ini adalah kombinasi antara *PCV* dan *VCV*. Mesin

mengatur tekanan inspirasi secara adaptif untuk mencapai volume tidal yang ditargetkan dengan tekanan serendah mungkin. *PCV-VG* banyak tersedia pada mesin anestesi generasi terbaru dan dinilai lebih aman karena menjaga volume ventilasi sekaligus membatasi tekanan jalan napas (Jaber, *et al.*, 2024)

c. Tahap-tahap Pemberian Ventilasi Mekanik

Pemberian ventilasi mekanik selama anestesi berlangsung melalui beberapa tahap fisiologis yang saling berkesinambungan, dimulai dari ventilasi terkontrol penuh hingga transisi menuju napas spontan. Pembagian tahap ini penting untuk memahami perubahan *drive* respirasi pasien dan respons ventilator, khususnya pada fase ketika *trigger* napas mulai muncul. Tahapan ventilasi pada pasien bedah saraf harus mempertahankan stabilitas ventilasi dan hemodinamik sekaligus memungkinkan pemulihan fungsi respirasi secara bertahap (Iavarone, *et al.*, 2024). Berikut ini adalah tahap-tahap pemberian ventilasi mekanik:

1) Tahap Ventilasi Terkontrol Penuh

Tahap ini merupakan fase awal anestesi yaitu ventilasi dilakukan dalam mode terkontrol untuk memastikan pertukaran gas yang stabil saat pasien berada dalam kondisi apnea farmakologis akibat induksi anestesi dan relaksan otot. Ventilator sepenuhnya menentukan frekuensi napas, volume tidal, dan tekanan inspirasi. Pada tahap ini belum terdapat

aktivitas *trigger* napas karena *drive* respirasi ditekan oleh obat anestesi. Tujuan utama fase ini adalah menjaga oksigenasi, normokapnia, serta stabilitas tekanan intrakranial selama pembedahan (Jimenez, *et al.*, 2024).

2) Tahap Pengurangan Kontrol Ventilasi

Seiring berkurangnya kedalaman anestesi menjelang akhir pembedahan, ventilasi mulai disesuaikan untuk memungkinkan kembalinya aktivitas respirasi spontan. Relaksan otot mulai diantagonisasi atau mengalami eliminasi parsial sehingga otot respirasi kembali aktif. Ventilator masih memberikan dukungan signifikan, tetapi sensitivitas *trigger* mulai diaktifkan agar usaha napas kecil dapat terdeteksi. Kemunculan *trigger* napas pertama menandai dimulainya fase transisi respirasi (Ata, Çetinkaya, & Yaman, 2024).

3) Tahap Transisi dengan *Pressure Support Ventilation*

Mode *pressure support ventilation* digunakan untuk membantu napas spontan tanpa mengambil alih kontrol ventilasi sepenuhnya. Pasien menentukan frekuensi napas, sementara ventilator memberikan tekanan bantuan sesuai tingkatan yang diatur. Pada tahap inilah frekuensi dan kualitas *trigger* napas dapat diamati secara jelas. Pengaturan *pressure support level* rendah atau sedang akan memengaruhi beban kerja respirasi, frekuensi *trigger*, serta sinkronisasi pasien dengan ventilator.

Dukungan yang seimbang memungkinkan pemulihan respirasi yang stabil tanpa menekan *drive* napas pasien (MacIntyre, 2016).

4) Tahap Ventilasi Spontan Menjelang Ekstubasi

Tahapan ini adalah mempertahankan ventilasi spontan yang adekuat dengan cara mengurangi dukungan ventilator secara bertahap hingga minimal. *Trigger* napas terjadi secara konsisten dengan pola respirasi yang stabil pada fase ini evaluasi kesiapan ekstubasi dilakukan berdasarkan parameter klinis seperti frekuensi napas, volume tidal spontan, saturasi oksigen dan tingkat kesadaran pasien. Transisi yang berlangsung optimal menandakan keberhasilan sinkronisasi pasien dengan ventilator selama fase sebelumnya (Ata, Çetinkaya, & Yaman, 2024).

d. Dampak dari Kegagalan Fase Transisi Ventilasi

Fase transisi ventilasi merupakan periode kritis ketika pasien beralih dari ventilasi terkontrol menuju napas spontan. Kegagalan pada fase ini dapat menimbulkan gangguan fisiologis yang berdampak langsung pada stabilitas respirasi, hemodinamik, dan pemulihan pascaoperasi. Transisi yang tidak optimal sering ditandai oleh ketidakseimbangan antara *drive* respirasi pasien dan dukungan ventilator, sehingga memicu peningkatan kerja napas dan gangguan pertukaran gas. Kondisi ini berpotensi memperpanjang kebutuhan

ventilasi mekanik serta meningkatkan risiko komplikasi perioperatif (Iavarone *et al.*, 2024). Berikut ini adalah penjelasannya:

1) Peningkatan Kerja Napas dan Kelelahan Otot Respirasi

Dukungan ventilasi yang terlalu rendah mengakibatkan pasien harus mengeluarkan tenaga untuk memicu ventilator. Beban kerja respirasi yang meningkat dapat menyebabkan kelelahan otot pernapasan, hipoventilasi, dan retensi karbon dioksida. Kelelahan respirasi selama fase transisi sering menjadi penyebab kegagalan *weaning* dan kebutuhan reintubasi. Kondisi ini sangat berisiko pada pasien dengan cadangan respirasi terbatas atau gangguan neurologis (Ata, Çetinkaya, & Yaman, 2024).

2) Gangguan Pertukaran Gas

Kegagalan transisi ventilasi dapat menyebabkan hipoksemia dan hiperkapnia akibat ventilasi alveolar yang tidak adekuat. Perubahan kadar karbon dioksida pada pasien bedah saraf berdampak langsung terhadap aliran darah otak dan tekanan intrakranial. Hiperkapnia dapat memicu vasodilatasi serebral dan peningkatan tekanan intrakranial, sedangkan hipoksemia memperburuk perfusi jaringan otak (Iavarone, *et al.*, 2024).

3) Asinkroni Pasien dengan Ventilator

Gangguan sinkronisasi selama fase transisi dapat meningkatkan konsumsi oksigen dan menurunkan kenyamanan pasien. Asinkroni seperti *ineffective trigger* atau *delayed cycling* menyebabkan ventilasi tidak efektif meskipun ventilator aktif. Kondisi ini dapat memperpanjang durasi ventilasi mekanik, meningkatkan kebutuhan sedasi tambahan, serta memperlambat pemulihan respirasi spontan (MacIntyre, 2016).

4) Ketidakstabilan Hemodinamik

Usaha napas berlebihan atau ventilasi yang tidak sinkron dapat meningkatkan tekanan intratorakal sehingga memengaruhi aliran balik vena dan curah jantung. Ketidakstabilan hemodinamik ini berpotensi memperburuk perfusi organ vital, terutama pada pasien dengan kondisi neurologis atau kardiovaskular yang rentan. Fluktuasi tekanan intratorakal juga dapat meningkatkan risiko komplikasi pascaoperasi (Jimenez, *et al.*, 2024).

5) Kegagalan Ekstubasi dan Peningkatan Komplikasi Pasca Anestesi

Kegagalan fase transisi sering berujung pada ekstubasi yang tertunda atau kebutuhan reintubasi. Reintubasi dikaitkan dengan peningkatan risiko pneumonia, trauma jalan napas,

perpanjangan masa rawat inap, dan mortalitas yang lebih tinggi (Ata, Çetinkaya, & Yaman, 2024).

2. *Pressure Support*

a. Definisi

Pressure support adalah tekanan positif yang diberikan oleh ventilator selama fase inspirasi pada napas spontan pasien. Tekanan ini bertujuan untuk membantu mengurangi kerja napas, mengatasi resistensi jalan napas dan alat, serta meningkatkan kenyamanan pasien selama ventilasi mekanik (Branson, 2024).

Pressure support diberikan pada napas yang dipicu oleh pasien dan tidak bekerja pada napas *mandatory*. *Pressure support* juga berkaitan erat dengan frekuensi *trigger* napas.

Menurut Branson (2024) dan Hickey (2024) tingkatan *pressure support* dibagi menjadi tiga yaitu rendah, sedang dan tinggi. Berikut penjelasannya:

1) *Pressure Support Level Rendah*

Pressure support level rendah adalah memberikan tekanan sebesar 5–7 cmH₂O. Pengaturan ini umumnya digunakan pada pasien yang telah memiliki napas spontan yang adekuat, terutama pada fase *weaning* atau menjelang ekstubasi. Dalam praktik anestesi di ruang operasi, nilai ini sering diterapkan pada fase pemulihan anestesi yang bertujuan untuk mengatasi resistensi *endotracheal tube (ETT)* dan sirkuit ventilator.

2) *Pressure Support Level* Sedang

Pressure support level sedang adalah memberikan tekanan sebesar 8–11 cmH₂O merupakan tingkat bantuan napas sedang dan merupakan rentang yang umum digunakan dalam praktik klinis. Pengaturan ini diberikan pada pasien yang telah memiliki usaha napas spontan, namun kekuatan napasnya masih belum optimal. *Pressure support* pada kisaran ini banyak digunakan pada mode ventilasi bantu (*assisted ventilation*) karena mampu memberikan bantuan napas yang adekuat, meningkatkan kenyamanan pasien, serta memperbaiki sinkronisasi antara pasien dan ventilator.

3) *Pressure Support Level* Tinggi

Pressure support level tinggi adalah memberikan tekanan sebesar 12–15 cmH₂O merupakan tingkat bantuan napas yang lebih besar. Pengaturan ini digunakan pada kondisi di mana usaha napas pasien meningkat atau ketika volume tidal yang dihasilkan belum tercapai. Meskipun dapat membantu mengurangi kerja napas, penggunaan *pressure support* pada tingkatan ini memerlukan pemantauan ketat, karena berisiko menyebabkan *over-assistance*, penurunan *drive* napas, dan ketergantungan pasien terhadap ventilator.

b. Pengaturan *Pressure Support Level* pada Pasien Bedah Saraf

Branson (2024) menjelaskan pada fase transisi ventilasi selama anestesi umum, terutama pada pasien bedah saraf, penggunaan *pressure support level* tinggi umumnya dihindari karena dapat mengganggu sinkronisasi antara pasien dan ventilator. Tekanan inspirasi yang terlalu besar cenderung mengambil alih sebagian besar kerja napas, sehingga menekan usaha napas spontan pasien dan mengurangi frekuensi *trigger* napas sehingga kondisi ini tidak diharapkan pada fase pemulihan ventilasi.

Penelitian ini memfokuskan pada penggunaan *pressure support* rendah dan sedang. Pengaturan yang tepat dinilai lebih fisiologis dan sesuai untuk memfasilitasi munculnya *trigger* napas tanpa menurunkan *respiratory drive* (Tobin, 2023; Vetrugno, *et al.*, 2024).

3. *Trigger* Napas pada Ventilasi Mekanik

a. Definisi

Trigger napas adalah mekanisme pada ventilator yang mendeteksi usaha napas spontan pasien sehingga memicu dimulainya siklus inspirasi (Branson, 2024). Kemunculan *trigger* napas menunjukkan adanya interaksi antara pasien dan ventilator sebagai manifestasi permulaan napas secara mandiri.

b. Jenis-jenis *Trigger* Napas pada Ventilator Mekanik

Trigger napas pada ventilator mekanik umumnya dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *pressure trigger* dan *flow trigger*, berikut penjelasannya:

1) *Pressure Trigger*

Pressure trigger adalah jenis *trigger* napas yang bekerja dengan cara mendeteksi penurunan tekanan di jalan napas yang terjadi akibat usaha inspirasi pasien. Ketika tekanan yang terdeteksi mencapai ambang sensitivitas yang telah ditetapkan, ventilator akan memulai siklus inspirasi. Jenis *trigger* ini merupakan metode yang umum dan masih digunakan pada beberapa mode ventilasi mekanik tertentu (Hickey, 2024).

Hickey (2024) juga menjelaskan bahwa *pressure trigger* pada mesin anestesi umumnya diatur pada kisaran -1 hingga -2 cmH₂O. Pengaturan ini bertujuan untuk mendeteksi usaha napas spontan pasien secara optimal, khususnya pada fase pemulihan anestesi, sekaligus mencegah terjadinya *auto-triggering* akibat kebocoran sirkuit atau manipulasi pembedahan.

2) *Flow Trigger*

Flow trigger merupakan jenis *trigger* napas yang bekerja dengan mendeteksi perubahan aliran gas di dalam sirkuit ventilator saat pasien mulai menarik napas. Ventilator akan mengenali perbedaan aliran inspirasi dan ekspirasi sebagai tanda

adanya usaha napas spontan, kemudian memicu fase inspirasi. *Flow trigger* dinilai lebih sensitif dibandingkan *pressure trigger* (Colombo, *et al.*, 2025).

Flow trigger pada mesin anestesi umumnya diatur pada kisaran 1–3 L/menit. Pengaturan 2 L/menit paling sering digunakan karena mampu mendeteksi usaha napas spontan secara optimal dengan risiko *auto-triggering* yang minimal (Hickey, 2024).

c. Faktor-faktor yang Mempengaruhi *Trigger* Napas Pasien

1) *Respiratory Drive* Pasien

Respiratory drive merupakan dorongan dari pusat pernapasan di otak untuk memulai napas. *Respiratory drive* yang rendah, misalnya akibat efek anestesi umum atau sedasi residual, dapat menurunkan usaha napas sehingga ventilator tidak terpicu. Sebaliknya, *respiratory drive* yang adekuat akan mempermudah munculnya *trigger* napas spontan (Tobin, 2023).

2) *Pressure Support Level*

Besarnya *pressure support* memengaruhi usaha napas pasien. *Pressure support* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan *over-assistance* sehingga menekan usaha napas spontan dan mengurangi frekuensi *trigger* napas, sedangkan *pressure support* yang terlalu rendah dapat meningkatkan kerja napas dan

menyebabkan kelelahan pasien (MacIntyre, 2016; Vetrugno, *et al.*, 2024).

3) Sensitivitas *Trigger* Ventilator

Pengaturan sensitivitas *trigger* (*pressure trigger* atau *flow trigger*) menentukan seberapa besar usaha napas yang dibutuhkan untuk memicu ventilator. *Trigger* yang kurang sensitif akan menyulitkan ventilator mendeteksi usaha napas pasien, sedangkan *trigger* yang terlalu sensitif dapat menyebabkan *auto-triggering* (Gallagher & Adamsky, 2025).

4) Sisa Efek Pelumpuh Otot (*Residual Neuromuscular Blockade*)

Sisa efek pelumpuh otot dapat menyebabkan kelemahan otot pernapasan, sehingga usaha napas pasien tidak cukup kuat untuk memicu *trigger* ventilator. Kondisi ini sering terjadi pada fase awal pasca anestesi umum (Naguib, *et al.*, 2023; Murphy & Brull, 2022).

5) Kedalaman Anestesi atau Sedasi

Anestesi atau sedasi yang masih dalam dapat menekan pusat pernapasan dan menurunkan respons ventilasi terhadap rangsangan CO₂, sehingga usaha napas spontan dan *trigger* napas menjadi minimal atau tidak muncul (Gropper, *et al.*, 2020; Sanders, *et al.*, 2021).

6) Parameter Ventilasi Lain

Parameter ventilasi lain seperti *Positive End-Expiratory Pressure (PEEP)*, resistensi sirkuit, dan ukuran *endotracheal tube* dapat memengaruhi beban kerja napas pasien. *PEEP* yang terlalu tinggi atau resistensi jalan napas yang meningkat dapat menghambat usaha napas spontan dan memengaruhi frekuensi *trigger* napas (Tobin, 2023).

7) Kondisi Klinis Pasien

Faktor seperti usia, penyakit paru, obesitas, kelelahan otot pernapasan, dan kondisi neurologis (termasuk pada pasien bedah saraf) dapat memengaruhi kemampuan pasien menghasilkan usaha napas yang cukup untuk memicu ventilator (Cottrell & Smith, 2017; Vetrugno, *et al.*, 2024).

d. Dampak dari Pengaturan Sensitivitas *Trigger*

Pengaturan sensitivitas *trigger* berpengaruh terhadap frekuensi napas spontan pasien. *Trigger* yang terlalu sensitif dapat menyebabkan *auto-triggering*, yaitu ventilator memulai inspirasi tanpa adanya usaha napas pasien. Sebaliknya, *trigger* yang kurang sensitif dapat menyebabkan usaha napas pasien tidak terdeteksi, sehingga meningkatkan kerja napas dan menurunkan efektivitas ventilasi (Hickey, 2024).

4. Anestesi Umum

a. Definisi

Menurut *American Society of Anesthesiologists (ASA)*, anestesi umum adalah keadaan kehilangan kesadaran yang dikarenakan oleh obat, meskipun pasien menerima rangsangan termasuk rangsangan rasa sakit (Rehatta, *et al.*, 2019). Anestesi umum memiliki beberapa keuntungan yaitu mengurangi kesadaran dan ingatan pasien selama intraoperasi. Anestesi umum menggunakan pelumpuh otot (*muscle relaxant*) untuk durasi operasi dengan waktu yang lama sehingga proses pembiusan bisa dilakukan tanpa mengubah posisi pasien dan bisa disesuaikan dengan durasi operasi. Dalam kondisi tersebut, fungsi ventilasi spontan pasien umumnya menurun sehingga diperlukan ventilasi mekanik untuk mempertahankan oksigenasi dan ventilasi yang adekuat selama prosedur anestesi berlangsung.

Ventilasi mekanik dalam anestesi umum tidak hanya berfungsi untuk membantu pasien bernapas, tetapi menjadi bagian dari keseluruhan manajemen anestesi yang berpengaruh langsung terhadap kestabilan kondisi fisiologis pasien. Pengaturan parameter ventilator, termasuk *pressure support level*, perlu dilakukan dengan tepat karena berperan dalam menjaga keselarasan antara napas pasien dan ventilator, mencegah kelelahan otot pernapasan, serta memastikan pertukaran gas berlangsung optimal (Tobin, 2023).

b. Klasifikasi Fisik Status *ASA*

Klasifikasi status fisik *ASA* memiliki tujuan untuk menilai dan mengkomunikasikan mengenai komorbiditas medis pasien saat pre anestesi. Hendrix (2025) membedakan status fisik *ASA* yang ditunjukkan pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2 Klasifikasi Satus Fisik *ASA*

Klasifikasi	Definisi	Contoh
ASA 1	Pasien normal yang sehat	Sehat, tidak merokok, tidak mengonsumsi alkohol
ASA 2	Pasien dengan penyakit sistemik ringan	Penyakit ringan tanpa keterbatasan fungsional yang substantif. Contoh perokok aktif, peminum alkohol, kehamilan, obesitas, diabetes melitus, dan hipertensi terkontrol, penyakit paru ringan
ASA 3	Pasien dengan penyakit sistemik berat	Penyakit yang disertai keterbatasan fungsional. Contoh penderita diabetes melitus dan hipertensi yang tidak terkontrol, PPOK, obesitas yang tidak wajar, hepatitis akut, bayi prematur, riwayat <i>infark miokard</i> , dan lainnya
ASA 4	Pasien dengan penyakit sistemik berat yang mengancam terhadap kehidupan	Contoh: <i>infark miokard</i> , <i>Stroke</i> atau <i>Cerebro Vascular Accident (CVA)</i> , Serangan <i>stroke</i> selintas atau <i>Transient Ischaemic Attack (TIA)</i> , sepsis,
ASA 5	Pasien diperkirakan tidak akan bertahan hidup tanpa operasi	Ruptur aneurisma abdominal atau toraks, trauma masif, perdarahan intrakranial dengan efek massa, usus iskemik, disfungsi multi organ.
ASA 6	Pasien mati batang otak, dan organnya akan diambil untuk tujuan donor	

c. Teknik Anestesi Umum

1) *Total Intravenous Anesthesia (TIVA)*

Teknik *total intravenous anesthesia (TIVA)* dilakukan dengan cara menyuntikkan obat anestesi parenteral langsung kedalam intravena atau pembuluh darah vena (Hendrix., 2025).

2) Anestesi Umum dengan Inhalasi

a) Sungkup Muka (*Face Mask*)

Teknik sungkup muka (*face mask*) digunakan untuk tindakan anestesi yang singkat yaitu sekitar (30-60 menit), pasien dalam keadaan umum baik, pasien sudah puasa (pengosongan lambung) selama 6-8 jam sebelum operasi (Hendrix, 2025).

b) *Laryngeal Mask Airway (LMA)*

Teknik *LMA* digunakan saat pasien tidak bisa diberikan ventilasi dengan sungkup muka dan saat pasien mengalami henti napas atau henti jantung (Hendrix, 2025).

c) Intubasi Endotrakeal

Teknik endotrakeal dibantu dengan menggunakan laringoskop dan pipa endotrakeal. Teknik ini digunakan untuk pasien yang sulit mempertahankan jalan napas, mencegah aspirasi (masuknya cairan lambung ke saluran napas), ventilasi mekanis dalam waktu yang lama, ventilasi napas spontan, membantu menjaga jalan napas saat posisi

lateral atau *prone*, durasi operasi yang lama, dan mempermudah anestesi umum (Hendrix, 2025).

3) Anestesi Umum Imbang

Teknik anestesi imbang dilakukan dengan mengkombinasikan obat-obatan baik obat anestesi intravena atau anestesi inhalasi atau bahkan kombinasi antara anestesi umum dengan anestesi regional (Brown, *et al.*, 2018).

d. Resiko Komplikasi Anestesi Umum

Pemberian anestesi umum dapat menimbulkan berbagai komplikasi yang melibatkan beberapa sistem organ dan perlu diantisipasi secara komprehensif pada periode perioperatif. Pada sistem respirasi, komplikasi yang dapat terjadi meliputi obstruksi jalan napas atas akibat pemulihan yang tidak adekuat, hipoksemia, edema paru, emboli paru, hingga pneumotoraks. Sistem kardiovaskular juga berisiko mengalami gangguan seperti hipotensi atau hipertensi, vasodilatasi sistemik, iskemia dan infark miokard, hipovolemia, aritmia, serta perubahan elektrokardiografi paska operasi. Selain itu, anestesi umum dapat memengaruhi sistem urinarius berupa oliguria dan retensi urin, serta sistem saraf pusat berupa delirium, keterlambatan pemulihan kesadaran (*delayed awakening*), dan efek serebrovaskular lainnya. Komplikasi lain yang juga dapat dijumpai mencakup perdarahan, hipotermia, gangguan penglihatan sementara, gangguan pendengaran, serta komplikasi

terkait manajemen jalan napas seperti nyeri tenggorokan, suara serak, disfagia, trauma gigi, dan cedera jaringan akibat ekstrasvasi obat (Gropper, *et al.*, 2020; Butterworth, *et al.*, 2022; Apfelbaum, *et al.*, 2023).

5. Bedah Saraf

a. Definisi

Bedah saraf merupakan cabang ilmu kedokteran spesialis yang berfokus pada diagnosis, penatalaksanaan, dan pengobatan gangguan pada sistem saraf pusat, sistem saraf perifer, serta struktur penunjangnya melalui tindakan operatif maupun non-operatif. Ruang lingkup bedah saraf mencakup berbagai kondisi, seperti trauma, tumor, kelainan vaskular, infeksi, hingga gangguan degeneratif pada otak, medula spinalis, saraf perifer, dan tulang belakang (Greenberg, 2019; Winn, 2022).

b. Jenis-jenis Tindakan Bedah Saraf

Tindakan bedah saraf dapat dikelompokkan berdasarkan lokasi anatomi dan tujuan klinis intervensi. Tindakan ini mencakup berbagai kondisi mulai dari penatalaksanaan cedera otak traumatik hingga perbaikan kelainan pada tulang belakang (Greenberg, 2019; Winn, 2022). Prosedur yang dilakukan dapat bersifat diagnostik, terapeutik, maupun rekonstruktif sesuai dengan kebutuhan klinis pasien. Berikut jenis-jenis tindakan bedah saraf:

1) Kraniotomi

a) Definisi

Kraniotomi merupakan prosedur bedah saraf yang dilakukan dengan membuka sebagian tulang tengkorak (*bone flap*) secara temporer guna memperoleh akses langsung ke jaringan otak, meningen, pembuluh darah intrakranial, maupun lesi patologis intrakranial. Setelah tindakan pembedahan selesai, tulang tengkorak dikembalikan ke posisi semula dan difiksasi kembali. (Greenberg, 2019; Cottrell & Patel, 2017; Winn, 2022).

b) Macam-macam Penyakit dengan Tindakan Kraniotomi

(1) *Intracranial hemorrhage* (Perdarahan Intrakranial)

Intracranial hemorrhage atau perdarahan intrakranial merupakan kumpulan darah patologis yang terjadi di otak (Winn, 2022). Intracranial hemorrhage terjadi di beberapa lokasi, di antaranya:

(a) *Epidural Hemorrhage (EDH)*

Epidural hemorrhage (EDH) merupakan perdarahan intrakranial yang disebabkan oleh fraktur pada tulang tengkorak bagian dalam antara ruang tabula interna kranium dengan duramater. Lokasi terjadinya *epidural hemorrhage* yaitu di bagian temporal, frontal, oksipital dan fossa

serebri bagian belakang. Penyebab utama terjadinya epidural hemorrhage adalah gangguan struktur pembuluh darah dan duramater yang disebabkan karena fraktur (Winn, 2022).

(b) *Subdural Hemorrhage (SDH)*

Subdural hemorrhage (SDH) merupakan kumpulan darah yang terjadi di antara bagian dalam duramater dan arachnoid. Penyebabnya adalah robekan vena di korteks serebri akibat dari trauma dan trauma kepala yang menyebabkan kerusakan vena kecil di dalam lapisan meninges. Kedua hal tersebut dapat terjadi setelah timbulnya trauma kepala berat seperti perdarahan yang mengakibatkan *rupture* vena di dalam ruang subdural (Winn, 2022).

(c) *Subarachnoid Hemorrhage (SAH)*

Subarachnoid hemorrhage (SAH) merupakan masuknya darah ke dalam ruang subarachnoid akibat terjadinya gangguan mekanikal pada sistem vaskuler di bagian intrakranial. Penyebab dari terjadinya *subarachnoid hemorrhage* adalah ruptur aneurisma intrakranial dan vascular malformation dan penyakit vaskuler seperti

vasculitis (peradangan pada pembuluh darah) (Winn, 2022).

(d) *Intracerebral Hemorrhage (ICH)*

Intracerebral hemorrhage (ICH) merupakan pecahnya pembuluh arteri, vena dan kapiler. Intracerebral hemorrhage juga terjadi karena disfungsi neurologi fokal akut yang disebabkan oleh perdarahan primer substansi otak yang spontan bukan karena trauma kapitis. Penyebab dari terjadinya *intracerebral hemorrhage* adalah trauma, hipertensi, angiopati amyloid serebral, malformasi arteriovenosa dan neoplasma intrakranial (Winn, 2022).

(e) *Intraventricular Hemorrhage (IVH)*

Intraventricular hemorrhage (IVH) merupakan perdarahan pada sistem ventrikel yang disebabkan pecahnya dinding ventrikel pada tepi epindemal dan vaskuler sub epindemal. *Intraventricular hemorrhage* disebabkan oleh pendarah di sekitar ganglia basalis dikarenakan trauma akselerasi (pergerakan otak yang tidak terkendali) dan distorsi otak. Penyebab dari *intraventricular hemorrhage* adalah hipertensi,

adanya aneurisma serebral, anomali pembuluh darah serebral dan angioma kavernosa (Winn, 2022).

(2) Tumor Otak

Menurut *American Cancer Society* dalam Mansour, *et al* (2023), tumor terbagi menjadi 2 kategori yaitu:

(a) Tumor Primer

Tumor primer merupakan tumor yang berasal dari otak. Tumor primer memiliki beberapa jenis yaitu glioma (tumor yang berkembang dari sel glial), meningioma (tumor yang muncul dari meningen atau selaput pelindung yang menutupi otak), dan tumor hipofisis (tumor yang berada di kelenjar hipofisis yaitu kelenjar di dasar otak yang mengatur produksi hormon).

(b) Tumor Metastatik

Tumor metastatik merupakan tumor yang telah menyebar ke otak. Metastase ini kadang juga menyebar dari sumsum tulang belakang dari otak bagian yang lain.

(3) Hidrosefalus

Hidrosefalus merupakan kumpulan gejala dari *cerebrospinal fluid (CSF)* di dalam ventrikel serebral.

Hidrosepalus disebabkan oleh beberapa hal yaitu penyumbatan aliran normal *CSF*, masalah penyerapan sistem vena oleh granulasi arachnoid atau karena produksi *CSF* yang berlebih (Greenberg, 2020).

2) Pembedahan Tulang Belakang

(a) Definisi

Pembedahan tulang belakang adalah tindakan bedah yang dilakukan untuk menangani gangguan pada struktur tulang belakang dan sistem saraf spinal, termasuk vertebra, diskus intervertebralis, ligamen, serta medula spinalis dan akar saraf. Tindakan ini bertujuan untuk mengurangi kompresi saraf, memperbaiki stabilitas dan kesejajaran tulang belakang, serta memulihkan atau mempertahankan fungsi neurologis pasien. Pembedahan tulang belakang umumnya diindikasikan pada kondisi seperti penyakit degeneratif, trauma, tumor, infeksi, dan deformitas tulang belakang yang tidak responsif terhadap terapi konservatif (Winn, 2022; Fehlings, *et al.*, 2023).

(b) Jenis-jenis Penyakit dengan Tindakan Pembedahan Tulang Belakang

(1) Penyakit Degeneratif Tulang Belakang

Penyakit degeneratif tulang belakang merupakan kondisi yang paling sering ditangani dalam praktik

bedah saraf dan umumnya berkaitan dengan proses penuaan serta beban mekanik kronis. Kelompok ini mencakup hernia nukleus pulposus, stenosis spinal, spondilosis, dan spondilolistesis, yang dapat menyebabkan kompresi akar saraf maupun medula spinalis. Secara klinis, kondisi degeneratif sering menimbulkan nyeri punggung kronik, nyeri radikuler, serta gangguan fungsi neurologis, sehingga pada kasus tertentu memerlukan tindakan dekompresi dan stabilisasi bedah (Winn, 2022; Bono & Vaccaro, 2023).

(2) Kelainan Traumatik Tulang Belakang

Kelainan traumatik tulang belakang terjadi akibat cedera seperti kecelakaan lalu lintas atau jatuh dari ketinggian, yang dapat menyebabkan fraktur, dislokasi vertebra, hingga cedera medula spinalis. Trauma ini berpotensi menimbulkan gangguan neurologis akut dan instabilitas struktural. Tindakan operatif dari kasus ini dilakukan untuk tujuan dekompresi saraf dan stabilisasi tulang belakang (Fehlings, *et al.*, 2022; Winn, 2022).

(3) Tumor Tulang Belakang dan Medula Spinalis

Tumor tulang belakang dan medula spinalis dapat berasal dari jaringan saraf, struktur penunjang, maupun

metastasis dari organ lain. Secara anatomi, tumor spinal diklasifikasikan menjadi intramedular, intradural ekstrapedular, dan ekstradural, yang masing-masing memiliki implikasi klinis dan pembedahan yang berbeda. Pertumbuhan massa tumor dapat menyebabkan kompresi medula spinalis dan akar saraf, sehingga menimbulkan defisit neurologis (Winn, 2022; Steinmetz & Benzel, 2023).

(4) Infeksi Tulang Belakang

Infeksi tulang belakang merupakan kondisi yang melibatkan vertebra, diskus intervertebralis, atau ruang epidural spinal, seperti pada spondilitis, diskitis, dan abses epidural. Infeksi dapat menyebabkan destruksi jaringan tulang dan penekanan struktur saraf apabila tidak ditangani (Sendi & Zimmerli, 2022; Winn, 2022).

(5) Kelainan Kongenital dan Deformitas Tulang Belakang

Kelainan kongenital dan deformitas tulang belakang meliputi kondisi bawaan atau perkembangan abnormal, seperti skoliosis, kifosis, dan spina bifida. Kelainan ini dapat memengaruhi keseimbangan biomekanik tulang belakang serta fungsi neurologis, terutama bila disertai kompresi medula spinalis. Peran bedah saraf pada kelompok penyakit ini berfokus pada

koreksi deformitas, dekompresi saraf, dan pencegahan gangguan neurologis jangka panjang (McCarthy & Ames, 2022; Winn, 2022).

(6) Penyakit Vaskular Tulang Belakang

Penyakit vaskular tulang belakang merupakan kondisi yang relatif jarang, namun memiliki potensi menyebabkan gangguan neurologis berat. Kelompok ini mencakup malformasi arteriovenosa spinal dan perdarahan spinal, yang dapat mengganggu perfusi medula spinalis secara akut maupun kronis. Penatalaksanaan bedah saraf bertujuan untuk menghilangkan sumber gangguan vaskular, mengurangi tekanan pada jaringan saraf, serta mencegah kerusakan neurologis permanen (Bulsara, *et al.*, 2021; Winn, 2022).

c. Indikasi dan Kontra Indikasi Prosedur Bedah Saraf

1) Indikasi Prosedur Bedah Saraf

Tindakan bedah saraf pada area kranial dilakukan pada berbagai kondisi yang mengancam nyawa maupun fungsi neurologis dan tidak dapat ditangani secara optimal dengan terapi non-bedah. Indikasi utama meliputi trauma kepala, khususnya pada cedera otak traumatis, seperti evakuasi hematoma epidural atau subdural serta kraniektomi dekompresi

untuk menurunkan tekanan intrakranial. Selain itu, tindakan bedah saraf ini juga mencakup penanganan gangguan vaskular, seperti aneurisma serebral dan malformasi arteriovenosa, serta kasus stroke iskemik atau hemoragik tertentu yang memerlukan intervensi operatif. Di bidang onkologi, pembedahan dilakukan untuk pengangkatan tumor otak primer maupun metastatik guna mengurangi efek massa dan mempertahankan fungsi neurologis pasien (Nevalainen, *et al.*, 2022; Liang, *et al.*, 2025).

Tindakan bedah saraf pada tulang belakang ditujukan untuk menangani gangguan yang menyebabkan kompresi medula spinalis atau akar saraf serta ketidakstabilan struktur spinal. Indikasi umum meliputi trauma tulang belakang yang memerlukan dekompresi dan stabilisasi untuk mencegah kerusakan neurologis lebih lanjut. Selain itu, intervensi bedah juga dilakukan pada penyakit degeneratif, seperti stenosis spinal lumbar atau servikal dan hernia nukleus pulposus yang menimbulkan defisit neurologis atau nyeri persisten. Pada kondisi tertentu, pengangkatan tumor spinal, baik primer maupun metastatik, menjadi bagian dari upaya dekompresi saraf dan pemulihan fungsi neurologis pasien (Langsjo, *et al.* 2024).

2) Kontra Indikasi Prosedur Bedah Saraf

Kontraindikasi bedah saraf umumnya bersifat relatif, sehingga keputusan tindakan didasarkan pada pertimbangan

keseimbangan antara risiko dan manfaat bagi pasien dengan memperhatikan kondisi sistemik serta tingkat keparahan penyakit. Hambatan utama dalam pelaksanaan bedah saraf meliputi kondisi medis yang tidak terkontrol, seperti ketidakstabilan hemodinamik berat, koagulopati yang tidak dapat dikoreksi, atau infeksi sistemik aktif, serta prognosis neurologis yang buruk, misalnya pada cedera otak berat dengan potensi pemulihan minimal. Selain itu, usia lanjut dan komorbiditas juga meningkatkan risiko anestesi dan mortalitas paska operasi (Liang, *et al.*, 2025; Nevalainen, *et al.*, 2022).

d. Komplikasi Umum Bedah Saraf

Komplikasi yang sering dijumpai meliputi infeksi lokasi bedah, dengan angka kejadian lebih tinggi pada kraniotomi atau kraniektomi dibandingkan prosedur bedah tulang belakang seperti laminektomi, serta komplikasi neurologis berupa defisit neurologis baru, kejang, edema serebral paska operasi, dan peningkatan tekanan intrakranial. Komplikasi sistemik seperti sepsis dan syok septik dapat terjadi sementara pada bedah tulang belakang juga memiliki risiko seperti kebocoran cairan serebrospinal, cedera akar saraf, dan kegagalan fiksasi instrumen (Pralea, *et al.*, 2024; Liang, *et al.*, 2025).

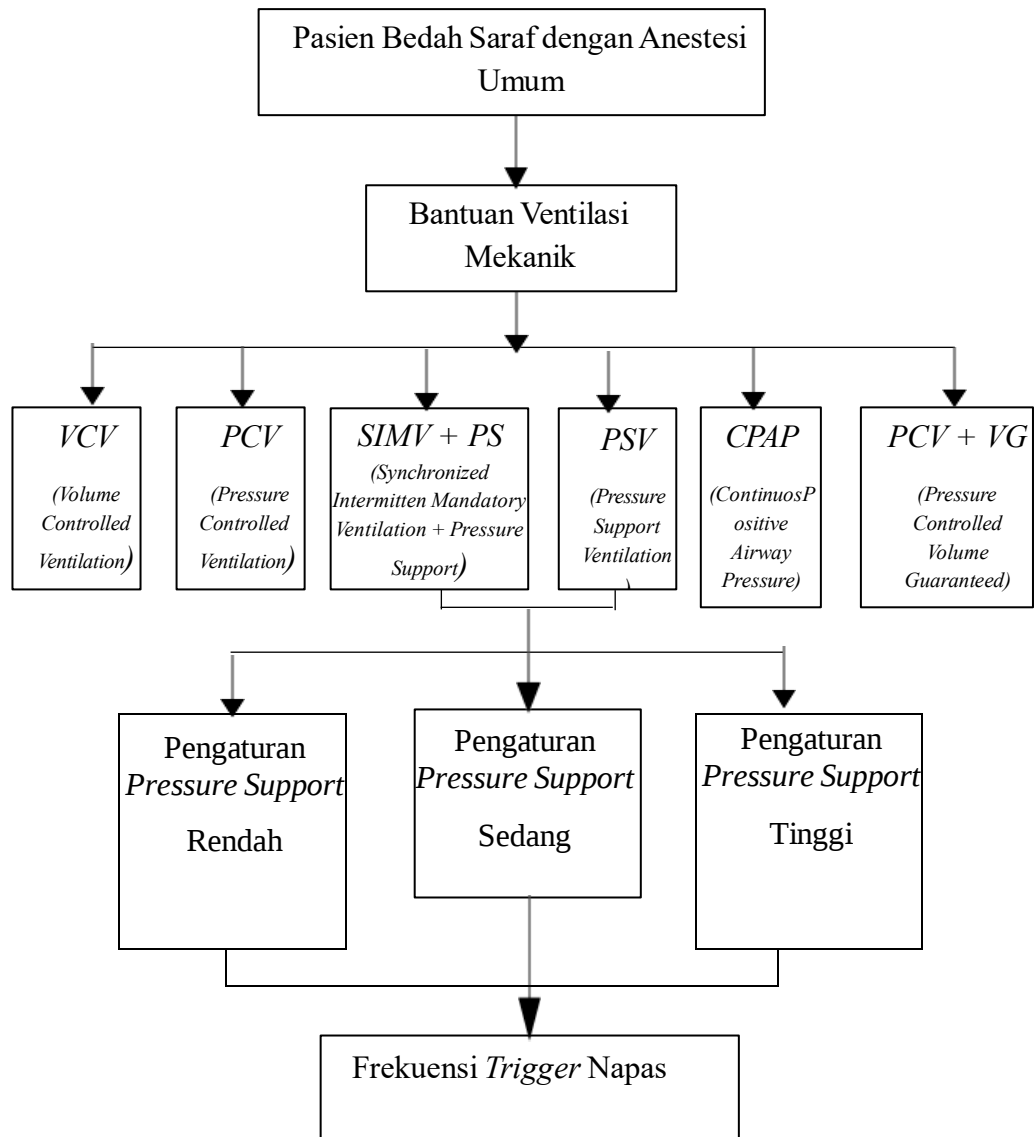
e. Manajemen Ventilasi pada Pasien Bedah Saraf

Manajemen ventilasi mekanik pada pasien bedah saraf, khususnya yang melibatkan penggunaan *pressure support*, berperan dalam mendukung napas spontan tanpa mengganggu stabilitas tekanan intrakranial dan perfusi serebral.

Pressure support bekerja dengan memberikan bantuan tekanan selama fase inspirasi untuk menurunkan beban kerja otot pernapasan, sehingga pasien dapat mempertahankan ventilasi yang adekuat dengan usaha napas yang lebih ringan. Pengaturan *pressure support* pada pasien bedah saraf perlu dilakukan secara individual. Pengaturan tekanan yang berlebihan dapat menekan *respiratory drive* dan mengganggu sinkronisasi pasien dan ventilator.

Pressure support umumnya diatur sedemikian rupa sehingga memfasilitasi munculnya *trigger* napas spontan. *Trigger* napas yang muncul dan terdeteksi oleh ventilator mesin anestesi dapat dimaknai sebagai fase transisi ventilasi. Pengaturan *pressure support* yang sesuai diharapkan mampu menjaga normokapnia, dan mendukung transisi ventilasi yang aman selama periode intraoperatif maupun menjelang pengakhiran anestesi (Tobin, 2023; Pelosi, *et al.*, 2023; Vetrugno, *et al.*, 2024).

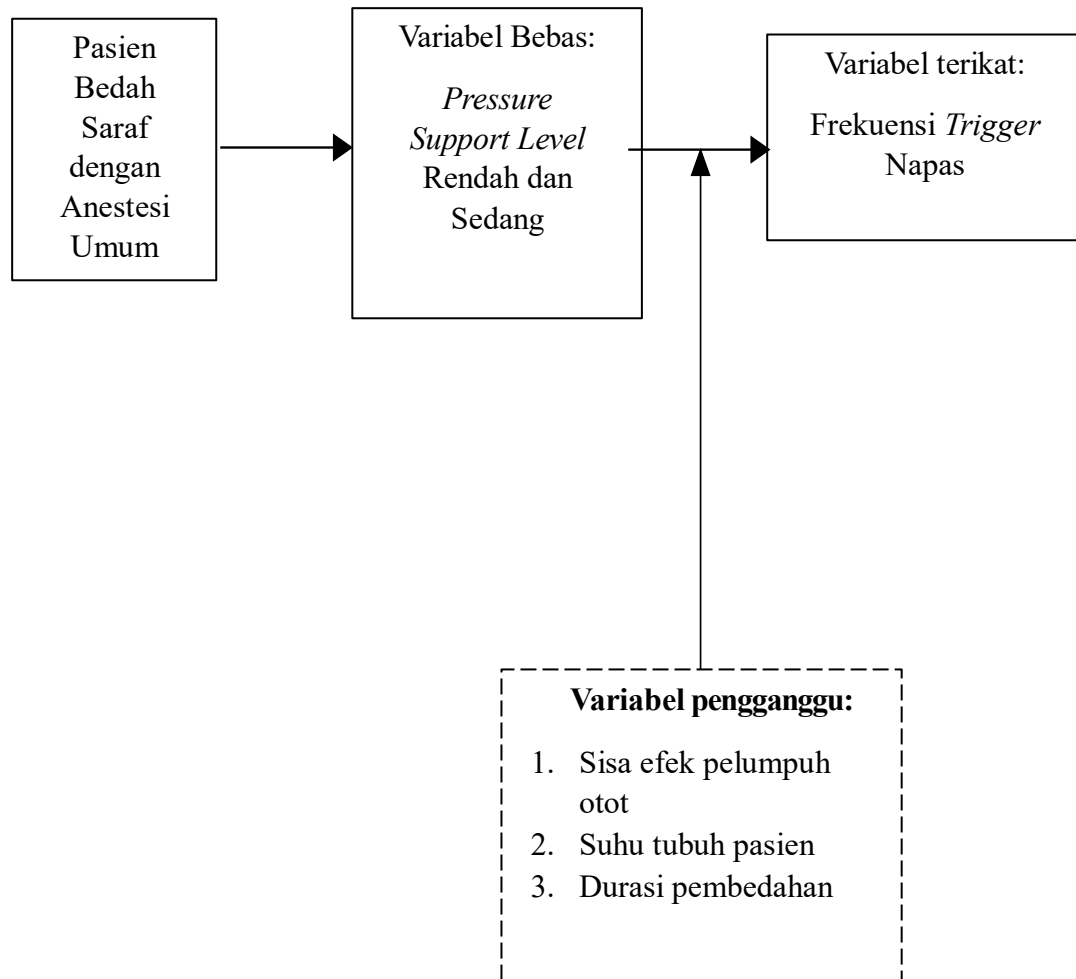
B. Kerangka Teori



Gambar 1 Kerangka Teori

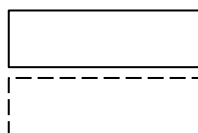
Sumber: Miller, *et al.*, (2020), Barash, *et al.*, (2022), Cottrell & Smith, (2017), Vetrugno, *et al.*, (2024), Naguib, *et al.*, (2018), Polit & Beck, (2021), Hickey (2024).

C. Kerangka Konsep



Gambar 2 Kerangka Konsep

Keterangan:



: Diteliti

: Tidak diteliti

D. Hipotesis Penelitian

Terdapat pengaruh pengaturan *pressure support level* terhadap frekuensi *trigger* napas pada pasien bedah saraf.