

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Telaah Pustaka

1. Craniotomy

a. Pengertian

Craniotomy adalah jenis operasi otak yang melibatkan pembukaan sebagian tulang tengkorak (*bone flap*) untuk mengakses otak secara langsung. Prosedur ini dapat dilakukan untuk tujuan diagnostik atau terapeutik. Bagian tulang yang diangkat akan dikembalikan ke tempatnya menggunakan pelat titanium atau bahan sintetis. Prosedur ini merupakan operasi besar dan memerlukan pengendalian fisiologis yang ketat, terutama terkait pernapasan dan aliran darah pasien.

Craniotomy digunakan sebagai pendekatan standar dalam penanganan berbagai gangguan otak seperti tumor, cedera, *aneurisma*, dan *abses*, karena memungkinkan visualisasi langsung struktur intrakranial yang patologis. Keberhasilan *craniotomy* sangat bergantung pada pengaturan tekanan darah arteri rerata *MAP* dan kadar *ETCO₂*, yang secara langsung memengaruhi perfusi serebral dan tekanan intrakranial selama operasi. Kerja sama antara ahli bedah saraf dan tim anestesi menjadi hal yang sangat penting untuk menjaga kestabilan fisiologis pasien selama prosedur berlangsung (Gelb, *et al.*, 2022).

b. Indikasi

Indikasi untuk melakukan *craniotomy* adalah gangguan intrakranial yang memerlukan akses langsung ke jaringan otak untuk diangkat, diperbaiki, atau didekompresi. Indikasi *craniotomy* mencakup beberapa kondisi utama sebagai berikut (Gelb, *et al.*, 2022):

- 1) Trauma Kepala Berat: *craniotomy* adalah metode utama untuk mengangkat tumor otak, baik tumor primer maupun *metastasis*, seperti *glioma*, *meningioma*, dan *metastasis kortikal superficial*. Prosedur ini dilakukan untuk mengurangi dampak tumor, memperbaiki gejala neurologis, dan mengambil sampel jaringan untuk diagnosis *histopatologis*.
- 2) Tumor Otak: cedera kepala dengan perdarahan intrakranial seperti *hematoma epidural*, *subdural*, atau *intracerebral*, *craniotomy* dilakukan untuk evakuasi *hematoma* dan dekompresi jaringan otak guna mencegah peningkatan tekanan intrakranial yang berlebihan.
- 3) Kelainan Vaskuler Otak: *aneurisma* dan *arteriovenous malformation (AVM)* yang memerlukan *craniotomy* untuk memperbaiki atau menutup pembuluh darah abnormal secara langsung agar mencegah perdarahan ulang.
- 4) Infeksi Intrakranial dan Abses Otak: *craniotomy* juga diindikasikan untuk pengangkatan abses atau jaringan terinfeksi

yang berada di bawah tekanan tinggi, yang berisiko menekan struktur otak yang penting.

- 5) Dekompresi Serebral: pasien dengan edema otak berat yang tidak merespons terapi *konservatif*, seperti pada *stroke hemoragik* atau trauma kepala.

2. Anestesiologi

Anestesi untuk operasi *craniotomy* dikatakan sebagai salah satu prosedur yang paling sulit karena berkaitan dengan cara kerja otak. Tujuannya adalah untuk menciptakan kondisi terbaik selama operasi berlangsung dengan memastikan otak mendapatkan cukup darah dan oksigen. Anestesiologi harus menjaga keseimbangan yang presisi antara tekanan darah, tekanan di dalam tengkorak, dan kadar karbondioksida agar tekanan perfusi otak tetap stabil (D'Onofrio, *et al.*, 2023).

D'Onofrio, *et al.*, (2023) menekankan bahwa prosedur ini memerlukan pemantauan fisiologis yang ketat, karena perubahan kecil pada pernapasan atau tekanan darah dapat memengaruhi aliran darah ke otak. Anestesi untuk *craniotomy* bertujuan untuk menciptakan lingkungan operasi yang aman dan stabil guna meminimalkan risiko komplikasi neurologis yang fokus pada tiga tujuan fisiologis utama sebagaimana dijelaskan oleh D'Onofrio, *et al.*, (2023). Menjaga perfusi serebral yang adekuat karena aliran darah ke otak bergantung pada keseimbangan kritis antara *MAP* dan *ICP*, sehingga penurunan *MAP* atau peningkatan *ICP* dapat langsung mengganggu perfusi otak, mengontrol

tekanan intrakranial dengan menjaga *ICP* tetap rendah melalui manajemen ventilasi untuk mengatur *ETCO₂* untuk mempertahankan kondisi fisiologis yang stabil dengan memastikan status hemodinamik dan respirasi pasien tetap optimal, yang sangat penting untuk melindungi *mekanisme autoregulasi serebral* yang rentan (D’Onofrio, *et al.*, 2023).

a. Teknik anestesi

Menurut D’Onofrio, *et al.*, (2023) teknik anestesi yang digunakan dalam *craniotomy* dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1) Anestesi Umum (*General Anesthesia*)

Anestesi umum dilakukan dengan memberikan agen intravena seperti Propofol, Opioid (Fentanyl atau Remifentanyl), dan agen inhalasi seperti Sevoflurane. Teknik ini memberikan kontrol penuh terhadap jalan napas dan ventilasi, serta memungkinkan pengendalian tekanan darah secara optimal. Kelemahan utama teknik ini adalah ketidakmampuan untuk memantau fungsi neurologis pasien secara langsung selama operasi.

2) Anestesi Sadar (*Awake Craniotomy*)

Teknik ini dilakukan dengan menjaga pasien dalam keadaan sadar selama fase tertentu dari operasi, terutama jika area yang dioperasi berkaitan dengan fungsi bicara atau motorik. Kombinasi anestesi lokal dan sedasi ringan digunakan untuk mengurangi nyeri dan kecemasan pasien. Teknik ini

memungkinkan tim bedah memantau respon neurologis pasien secara *real-time* selama operasi.

Pemilihan teknik anestesi sangat bergantung pada letak lesi otak, kondisi pasien, serta kebutuhan intraoperatif. Kedua teknik menuntut pengawasan ketat terhadap *ETCO₂* dan *MAP* untuk menghindari komplikasi seperti *hipoperfusi* serebral atau peningkatan *ICP* (D’Onofrio, *et al.*, 2023).

b. Ventilator anestesi

Ventilasi anestesi berfungsi sebagai dukungan pernapasan kritis selama anestesi umum untuk mempertahankan pertukaran gas yang adekuat, khususnya ketika kemampuan bernapas spontan pasien tertekan oleh efek depresan obat bius. Peran ventilasi menjadi lebih strategis karena mengatur *ETCO₂* untuk mengontrol tekanan intrakranial (*ICP*). D’Onofrio, *et al.*, (2023) menjelaskan bahwa regulasi ventilasi ini penting untuk menjaga keseimbangan antara *MAP* dan *CPP*. *Hiperkapnia* dapat menyebabkan *vasodilatasi serebral* yang meningkatkan *ICP*, sedangkan *hipokapnia* akibat *hiperventilasi* berisiko menyebabkan *vasokonstriksi* dan penurunan aliran darah otak yang berpotensi menimbulkan *iskemia*. Rentang *normokapnia* ada dingaka 35–45 mmHg, dipertahankan sebagai nilai *ETCO₂* yang tepat untuk mengoptimalkan oksigenasi *serebral* tanpa menyebabkan peningkatan *ICP*. Ventilasi mekanik pada *craniotomy* diatur dengan *volume tidal* 6–8 mL/kg BB ideal dan frekuensi 10–14

kali/menit, di mana *Volume-Controlled Ventilation (VCV)* umumnya dipilih untuk stabilitas *ETCO₂*, sementara *Pressure-Controlled Ventilation (PCV)* digunakan pada kondisi paru dengan elastisitas terganggu. Tekanan positif akhir ekspirasi (*PEEP*) yang rendah, yaitu <5 cmH₂O dapat mencegah *kolaps* alveoli tanpa memberikan dampak besar pada *ICP*. Anestesiologi berperan dalam memantau dan menyesuaikan parameter ventilasi, termasuk laju pernapasan, *volume tidal*, *ETCO₂*, tekanan jalan napas, dan saturasi oksigen. Ketepatan dalam mempertahankan ventilasi *normokapnia* dan stabilitas hemodinamik merupakan faktor penentu utama keamanan pasien dan keberhasilan prosedur *craniotomy*.

3. Neurofisiologi dan Neuroanestesi

Neurofisiologi adalah cabang ilmu yang mempelajari bagaimana sistem saraf, terutama otak dan sumsum tulang belakang, mengendalikan fungsi tubuh dengan mengirimkan *impuls listrik*. Sistem saraf pusat memainkan peran penting dalam menjaga stabilitas hemodinamik dengan mengatur aktivitas sistem saraf otonom, yang memengaruhi denyut jantung, tekanan darah, dan ventilasi. Neurofisiologi memberikan dasar pemahaman tentang bagaimana obat anestesi memodulasi fungsi otak dan sumsum tulang belakang untuk menimbulkan ketidaksadaran, analgesia, dan relaksasi otot dalam konteks anestesi (Huang, *et al.*, 2022).

Kondisi anestesi umum pada fungsi neurofisiologis mengalami perubahan yang signifikan. Aktivitas neuron berkurang akibat

penghambatan transmisi sinaptik oleh agen anestesi seperti Propofol, Sevoflurane, dan Isoflurane. Penurunan aktivitas sistem saraf pusat disertai dengan penurunan laju *metabolisme* oksigen otak dan aliran darah otak. Tujuan neuroanestesi adalah untuk menjaga keseimbangan antara kebutuhan metabolik otak dan pasokan darah sehingga perfusi otak tetap memadai, terutama pada pasien yang berisiko mengalami peningkatan *ICP* (Huang, *et al.*, 2022).

Neuroanestesi adalah bagian dari anestesiologi yang berfokus pada mengontrol fungsi otak dan sistem saraf selama operasi yang melibatkan sistem saraf pusat. Tugas utama di balik neuroanestesi adalah menjaga *CPP* dalam batas normal. Hal ini dilakukan dengan menjaga selisih antara *MAP* dan *ICP* seminimal mungkin. Penurunan *MAP* atau peningkatan *ICP* dapat mengganggu perfusi otak, menyebabkan *hipoksia* jaringan dan meningkatkan risiko cedera neuron sekunder. Anestesiologi harus dapat menjaga *MAP* dalam kisaran aman (65–80 mmHg) agar perfusi otak terjaga dengan baik selama operasi (Gordon, 2024).

ETCO₂ merupakan indikator penting dalam anestesi saraf saat ini karena secara tidak langsung menunjukkan perfusi otak dan tekanan perfusi sistemik. Menurut Rajesh, *et al.*, (2021) terdapat korelasi positif yang signifikan antara *ETCO₂* dan *MAP* selama ventilasi terkontrol. Ketika *MAP* menurun akibat penurunan *output* jantung atau *vasodilatasi* akibat obat anestesi, perfusi paru-paru menurun, sehingga kadar *CO₂* yang mencapai *alveoli* juga menurun. Hal ini menyebabkan *ETCO₂* turun.

Peningkatan *MAP* meningkatkan aliran darah ke paru-paru dan otak, yang menghilangkan lebih banyak CO_2 dan meningkatkan nilai $ETCO_2$. $ETCO_2$ merupakan metode *non-invasif* yang berguna untuk memantau stabilitas hemodinamik selama anestesi umum.

Perubahan konsentrasi CO_2 dalam darah juga memiliki efek langsung pada regulasi *vaskularisasi* serebral. Peningkatan $PaCO_2$ (*hiperkapnia*) menyebabkan *vasodilatasi* di otak, yang dapat meningkatkan tekanan intrakranial. Penurunan $PaCO_2$ (*hipokapnia*) menyebabkan *vasokonstriksi*, yang menurunkan aliran darah ke otak (Gordon, 2024). Pengendalian ventilasi dan pemantauan $ETCO_2$ sangat penting untuk menjaga keseimbangan antara perfusi otak dan tekanan intrakranial. Pemantauan ini merupakan bagian penting dari anestesi saraf, terutama pada pasien dengan masalah perfusi otak atau cedera kepala.

Teori-teori neurofisiologi dan neuroanestesi menjelaskan bahwa hubungan antara $ETCO_2$ dengan *MAP* mencerminkan interaksi antara sistem saraf, sirkulasi, dan pernapasan. $ETCO_2$ berfungsi tidak hanya sebagai indikator ventilasi, tetapi juga sebagai penanda perfusi otak dan tekanan darah sistemik. Pemahaman mendalam tentang *mekanisme* neurofisiologi dan penerapannya dalam neuroanestesi membantu anesthesiologi dalam menjaga keseimbangan hemodinamik, mencegah cedera otak sekunder, dan memastikan keberhasilan anestesi yang aman (Rajesh, *et al.*, 2021).

4. *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)*

a. Pengertian

ETCO₂ adalah tekanan parsial karbon dioksida yang diukur pada akhir *fase ekspirasi*, saat kadar *CO₂* mencapai titik tertinggi dalam satu siklus ventilasi. Nilai *ETCO₂* mencerminkan keseimbangan antara produksi karbon dioksida, pergerakan karbon dioksida melalui darah, dan pengeluaran karbon dioksida di alveoli. *ETCO₂* digunakan sebagai indikator penting ventilasi *alveolar* yang dipantau secara *non-invasif* dan *real-time* selama anestesi umum. Nilai *ETCO₂* normal berkisar antara 35-45 mmHg. *Hipokapnia* terjadi ketika nilai *ETCO₂* kurang dari 35 mmHg, sedangkan *hiperkapnia* terjadi ketika nilai *ETCO₂* lebih dari 45 mmHg (Miller, *et al.*, 2020)

Perubahan kecil pada tingkat karbon dioksida dapat memiliki dampak yang signifikan pada fisiologi otak. *Hipokapnia* menyebabkan *vasokonstriksi* serebral yang mengakibatkan penurunan aliran darah otak (*cerebral blood flow/CBF*) dan berisiko menimbulkan *iskemia serebral*. *Hiperkapnia* menyebabkan *vasodilatasi* serebral, meningkatkan aliran darah dan *volume* serebral, yang dapat meningkatkan *ICP* dan mengurangi *CPP*. Ketidakseimbangan nilai *ETCO₂* yang berat dan berlangsung lama dapat berdampak fatal berupa cedera otak sekunder, gangguan hemodinamik, serta peningkatan morbiditas dan mortalitas pada

pasien bedah saraf. Pengaturan $ETCO_2$ dalam rentang normal merupakan prinsip yang sangat penting dalam anestesi untuk prosedur *craniotomy*.

$ETCO_2$ adalah konsentrasi parsial karbondioksida yang diukur pada akhir *fase ekspirasi*, yaitu ketika CO_2 mencapai nilai tertingginya selama proses ventilasi. Nilai $ETCO_2$ menggambarkan keseimbangan antara produksi CO_2 , transport CO_2 melalui darah, dan eliminasi CO_2 pada alveoli. Pemantauan $ETCO_2$ bersifat *non-invasif* dan *real-time* sehingga sangat berperan dalam evaluasi ventilasi *alveolar*, terutama selama tindakan anestesi umum. $ETCO_2$ menjadi indikator penting karena perubahan kecil pada CO_2 dapat memengaruhi aliran darah otak CBF , ICP , dan CPP (Miller, *et al.*, 2020) dan (Harroun, Singh, & Grocott 2025).

b. Fisiologi Dasar Karbondioksida dalam Tubuh

Karbon dioksida (CO_2) adalah produk akhir dari metabolisme sel aerobik yang diproduksi secara terus-menerus di jaringan tubuh. CO_2 diangkut melalui sirkulasi darah menuju paru-paru untuk dieliminasi, dengan sekitar 70% berada dalam bentuk ion bikarbonat, 23% berikatan dengan hemoglobin, dan 7% terlarut dalam plasma. Penghilangan CO_2 sangat dipengaruhi oleh ventilasi *alveolar*. Perubahan dalam ventilasi akan secara langsung memengaruhi nilai CO_2 akhir napas ($ETCO_2$) selama operasi, yang dipantau secara *non-invasif* dan *real-time* selama anestesi umum.

ETCO₂ intraoperatif memainkan peran penting dalam anestesi saraf karena mencerminkan perubahan tingkat *CO₂* yang memengaruhi fisiologi serebral dan hemodinamik sistemik. Peningkatan *ETCO₂* intraoperatif (*hiperkapnia*) menyebabkan *vasodilatasi* serebral, yang meningkatkan aliran darah serebral dan *volume* darah intrakranial, yang dapat meningkatkan *ICP*. Kondisi ini dapat memicu respons kompensasi hemodinamik yang ditandai dengan perubahan *MAP* selama operasi untuk mempertahankan *CPP*. Penurunan *ETCO₂* intraoperatif akibat *hiperventilasi* menyebabkan *vasokonstriksi* serebral, yang mengakibatkan penurunan aliran darah serebral dan tekanan intrakranial, yang dalam kondisi tertentu dapat menyebabkan penurunan tekanan perfusi serebral dan mempengaruhi stabilitas *MAP* intraoperatif.

Variasi nilai *ETCO₂* intraoperatif dapat erat terkait dengan fluktuasi nilai *MAP* intraoperatif melalui mekanisme regulasi perfusi serebral dan respons hemodinamik sistemik. Mekanisme fisiologis ini menjadi dasar konseptual penting dalam penelitian hubungan antara *ETCO₂* intraoperatif dengan *MAP* intraoperatif pada pasien yang menjalani tindakan *craniotomy*, pengendalian kedua parameter tersebut merupakan prinsip fundamental dalam menjaga stabilitas fisiologis dan mencegah cedera otak sekunder selama prosedur neuroanestesi (Harroun, Singh, & Grocott 2025).

c. Alat Ukur $ETCO_2$ (*Kapnografi/Kapnometer*)

Kapnografi adalah alat yang digunakan untuk mengukur konsentrasi CO_2 pada *ekshalasi*. Perangkat ini menghasilkan dua keluaran utama yaitu nilai $ETCO_2$ dan grafik berupa *kapnogram*.

Terdapat dua jenis sistem pengukuran:

1) *Mainstream*

Sensor dipasang langsung di ujung *endotracheal tube* (*ETT*) dan pengukuran dilakukan tepat di sumber aliran gas *ekspirasi*. Penempatan ini memungkinkan respons pengukuran yang sangat cepat karena tidak terdapat jarak atau selang pengambilan sampel, sehingga nilai $ETCO_2$ yang ditampilkan mencerminkan kondisi ventilasi pasien secara *real-time* dan lebih akurat.

2) *Sidestream*

Udara *ekshalasi* diambil dari saluran napas pasien dan disedot melalui selang sampel berdiameter kecil menuju sensor karbondioksida yang terletak di dalam monitor. Metode ini fleksibel karena tidak memerlukan sensor untuk dipasang langsung pada tabung *endotracheal* atau sirkuit ventilasi. Keberadaan tabung sampel menyebabkan penundaan antara proses *ekspirasi* dan pembacaan nilai $ETCO_2$, dan hal ini juga dapat menurunkan akurasi pengukuran karena gas menjadi tercampur atau aliran sampel terganggu (Harroun, Singh, & Grocott 2025).

d. Fase-Fase *Kapnogram*

Kapnogram terdiri dari empat fase:

1) Fase I – *Dead Space Ventilation*

Udara yang diekshalasi berasal dari *dead space* anatomis (trakea dan bronkus). Tidak ada CO_2 sehingga kurva berada pada *baseline* (bagian datar awal kurva atau fase I yang menunjukkan kadar CO_2 mendekati nol ≈ 0 mmHg).

2) Fase II – *Rapid Upstroke*

Gas dari *dead space* bercampur dengan gas *alveolar*. CO_2 mulai meningkat sehingga kurva naik tajam.

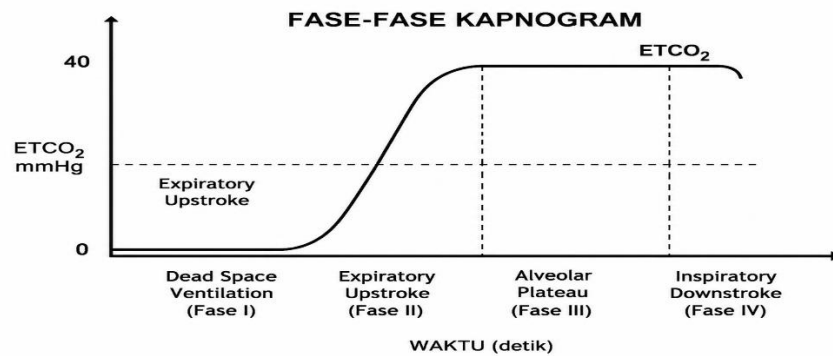
3) Fase III – *Alveolar Plateau*

Pengeluaran gas *alveolar* murni. Kurva cenderung datar dengan sedikit kenaikan. $ETCO_2$ diambil pada akhir fase ini. Peningkatan kemiringan kurva menunjukkan obstruksi jalan napas.

4) Fase IV – *Inspiratory Downstroke*

Terjadi penurunan CO_2 secara cepat menuju nol saat inspirasi. Kurva kembali ke (bagian datar awal kurva atau fase I yang menunjukkan kadar CO_2 mendekati nol ≈ 0 mmHg).

Analisis fase ini penting untuk mendeteksi perubahan ventilasi, perfusi, maupun patologi respirasi selama anestesi (Harroun, Singh, & Grocott 2025).



Gambar 1. Fase Fase *Kapnogram*

5. Mean Arterial Pressure (MAP)

a. Pengertian

MAP adalah ukuran rata-rata tekanan darah dalam arteri selama satu siklus jantung penuh. *MAP* merupakan indikator penting yang digunakan untuk menilai perfusi organ vital, seperti otak, jantung, dan ginjal.

MAP dihitung menggunakan rumus berikut:

$$MAP = \frac{(2 \times DBP) + SBP}{3}$$

Keterangan:

SBP (*Systolic Blood Pressure*) = Tekanan sistolik

DBP (*Diastolic Blood Pressure*) = Tekanan diastolic

Nilai normal *MAP* berkisar antara 65–93 mmHg. Nilai di bawah 65 mmHg sering dikaitkan dengan perfusi jaringan yang tidak adekuat dan dapat menyebabkan disfungsi organ multipel (Vincent, Backer, & Cecconi 2021).

6. Hubungan $ETCO_2$ dan MAP

Tekanan parsial karbondioksida arteri ($PaCO_2$) memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan asam-basa darah dan homeostasis fisiologis. Pemantauan langsung dan terus-menerus $PaCO_2$ selama anestesi umum tidak selalu memungkinkan karena sifatnya yang *invasif*. Karbon dioksida akhir napas ($ETCO_2$) digunakan sebagai parameter *non-invasif* untuk memperkirakan $PaCO_2$ dan telah menjadi standar pemantauan intraoperatif pada pasien yang menjalani intubasi *endotracheal*. Nilai $ETCO_2$ tidak hanya mencerminkan ventilasi *alveolar* tetapi juga dipengaruhi oleh perfusi paru dan *output* jantung, sehingga memberikan wawasan tentang status hemodinamik pasien selama anestesi umum (Nooralishahi, *et al.*, 2021).

Keseimbangan antara $ETCO_2$ dan MAP mencerminkan perfusi paru yang adekuat dan pergerakan karbon dioksida dari jaringan ke alveoli dalam kondisi fisiologis yang stabil. MAP yang cukup akan menjaga curah jantung dan aliran darah paru, sehingga pengeluaran karbon dioksida berjalan dengan baik dan nilai $ETCO_2$ tetap dalam batas normal. Penurunan MAP akibat gangguan hemodinamik, seperti *hipovolemia*, depresi miokard, atau *vasodilatasi* akibat anestesi, dapat mengurangi perfusi paru dan curah jantung, sehingga mengurangi transportasi karbon dioksida ke alveoli dan menyebabkan penurunan nilai $ETCO_2$. Kondisi ini dapat terjadi meskipun ventilasi alveoli tetap adekuat. Peningkatan MAP diikuti oleh peningkatan denyut jantung dan perfusi paru-paru akan meningkatkan transfer karbon dioksida ke paru-paru, yang akan

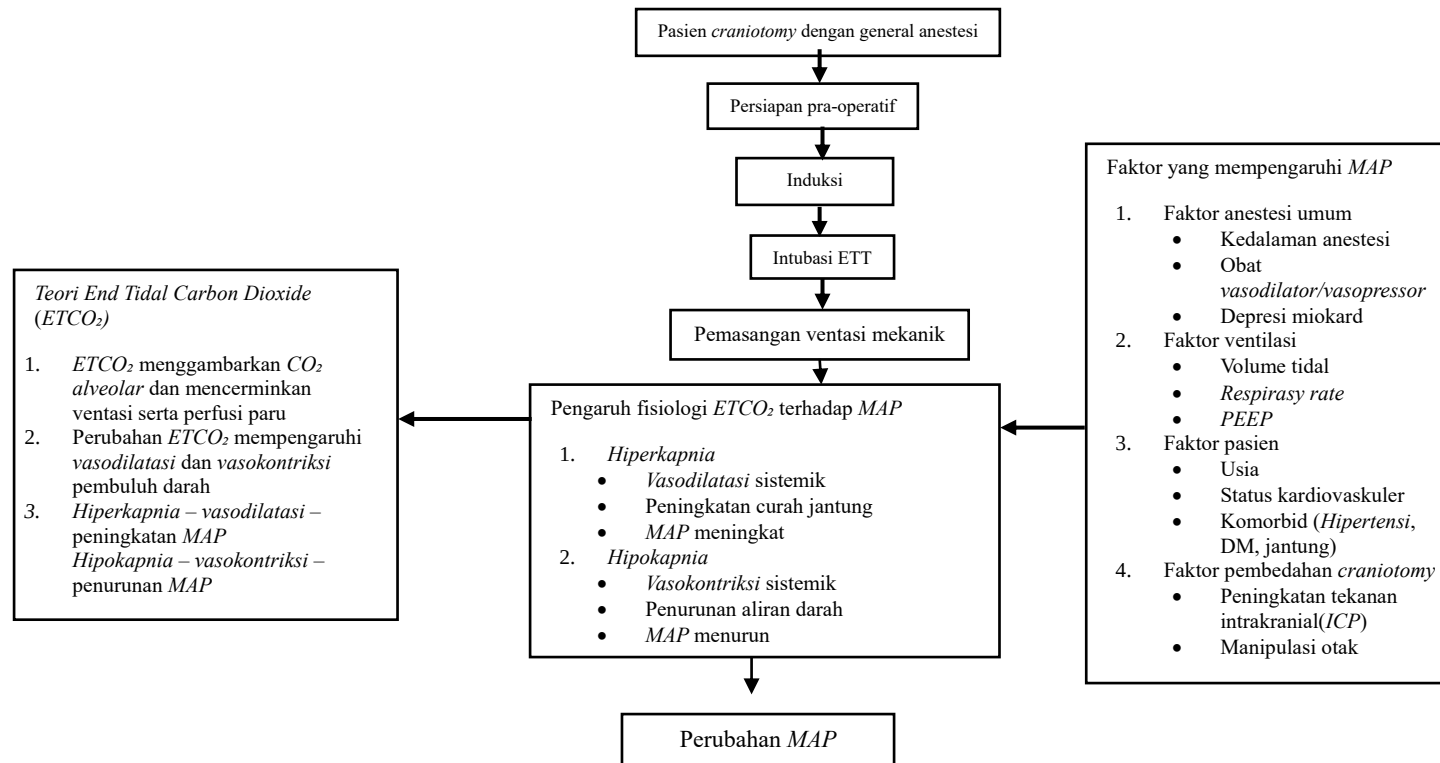
meningkatkan nilai $ETCO_2$. Hubungan ini menunjukkan bahwa $ETCO_2$ dan MAP secara fisiologis saling terkait erat dan berubah seiring waktu selama operasi. Variasi nilai $ETCO_2$ dapat menandakan perubahan pada MAP dan perfusi jaringan lebih awal daripada perubahan tekanan darah yang terdeteksi melalui pemantauan konvensional.

Berbagai studi telah menunjukkan bahwa penurunan $ETCO_2$ dapat berfungsi sebagai indikator dini *hipotensi* dan gangguan perfusi sistemik dan dalam kondisi tertentu, dapat lebih sensitif dari pada pemantauan tekanan darah *invasif*. Nilai $ETCO_2$ dilaporkan memiliki korelasi yang signifikan dengan MAP dan *output* jantung, menjadikannya berguna sebagai metrik tambahan dalam menilai stabilitas hemodinamik selama anestesi umum dan bedah mayor, termasuk *craniotomy* (Vincent, De Backer, & Cecconi, 2021; Maheshwari, *et al.*, 2021; O'Rourke & Asfar, 2022; Hamzaoui, Teboul, & Monnet, 2023; Abhiraj, *et al.*, 2025).

Keseimbangan antara $ETCO_2$ intraoperatif dengan MAP intraoperatif merupakan aspek penting dalam pengelolaan anestesi, karena mencerminkan interaksi antara ventilasi, perfusi paru, dan stabilitas hemodinamik. Pemantauan dan analisis hubungan antara kedua parameter ini diharapkan dapat memudahkan deteksi dini gangguan perfusi dan mendukung pengambilan keputusan klinis untuk mempertahankan perfusi serebral serta memastikan keselamatan pasien selama prosedur bedah saraf.

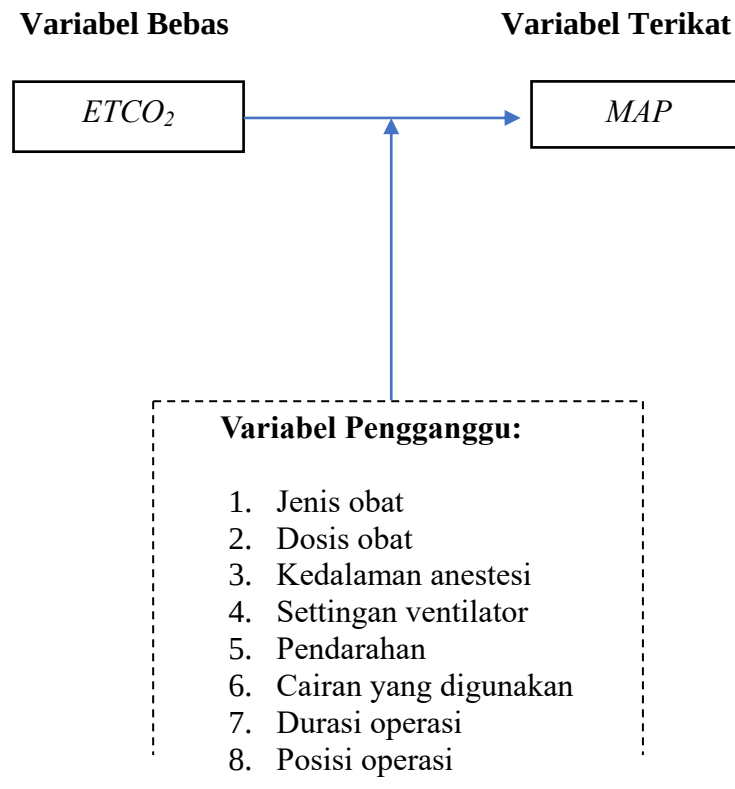
B. Landasan Teori

1. Kerangka Teori



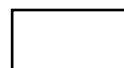
Gambar 2. Kerangka Teori
Sumber: Miller, *et al.*, 2022

2. Kerangka Konsep

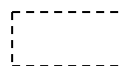


Gambar 3. Kerangka Konsep

Keterangan:



: Diteliti



: Tidak diteliti

C. Hipotesis

Adanya hubungan antara nilai *End Tidal Carbon Dioxide* ($ETCO_2$) intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure* (MAP) pada pasien *craniotomy* di RSUD Kanjuruhan Malang.