

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Craniotomy adalah prosedur bedah saraf besar yang memerlukan pengendalian ketat terhadap ventilasi intraoperatif dan hemodinamik untuk mempertahankan keseimbangan fisiologis otak. Perubahan pada *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)* dan *Mean Arterial Pressure (MAP)* secara langsung mempengaruhi *Cerebral Perfusion Pressure (CPP)* dan aliran darah ke otak. *Hiperkapnia* menyebabkan *vasodilatasi* serebral yang meningkatkan *volume* darah otak dan tekanan intrakranial, sedangkan *hipokapnia* akibat *hiperventilasi* menimbulkan *vasokonstriksi* serebral yang dapat menurunkan aliran darah otak dan meningkatkan risiko iskemia. Penurunan *MAP* secara langsung menurunkan *CPP* yang meningkatkan risiko cedera otak sekunder, defisit neurologis permanen, dan bahkan kematian jika tidak segera ditangani (Meng, *et al.*, 2021).

Peningkatan jumlah cedera kepala dan kelainan intrakranial telah menyebabkan peningkatan permintaan akan prosedur *craniotomy*. Diperkirakan lebih dari 22 juta pasien menjalani intervensi bedah saraf setiap tahun di dunia, dengan lebih dari 14 juta di antaranya menjalani *craniotomy* (Lartigue, *et al.*, 2021). Kecelakaan lalu lintas masih menjadi salah satu penyebab utama morbiditas dan rawat inap di Indonesia, cedera kepala sebagai komplikasi yang paling sering ditemukan, sehingga berdampak langsung pada meningkatnya kebutuhan pelayanan bedah saraf di rumah sakit rujukan (Kementerian Kesehatan RI, 2023).

Penelitian sebelumnya menegaskan bahwa stabilitas $ETCO_2$ dan MAP menjadi determinan penting dalam mempertahankan perfusi serebral selama pembedahan otak. Perubahan tingkat $ETCO_2$ memengaruhi tonus *vaskular* serebral melalui *vasodilatasi* dan *vasokonstriksi* pembuluh darah serebral, yang berdampak pada aliran darah serebral, tekanan intrakranial, dan stabilitas hemodinamik. Meng, *et al.*, (2021) melaporkan bahwa fluktuasi ventilasi dan tekanan darah intraoperatif berkorelasi dengan penurunan tekanan perfusi serebral (CPP) dan hasil neurologis yang buruk. *Kapnogram* direkomendasikan sebagai standar keamanan anestesi karena dapat memberikan informasi *real-time* tentang ventilasi, perfusi, dan metabolisme pasien (Kodali, 2021). Nilai $ETCO_2$ dapat berubah dengan cepat dalam waktu sekitar 3–5 menit, akibat perubahan ventilasi *alveolar*, posisi pasien, kedalaman anestesi, atau respons hemodinamik intraoperatif. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa peningkatan atau penurunan $ETCO_2$ yang berlangsung secara persisten selama beberapa menit berhubungan dengan kejadian *hipotensi* intraoperatif, sehingga $ETCO_2$ berpotensi menjadi indikator dini ketidakstabilan hemodinamik sebelum terjadi perubahan tekanan darah yang nyata (Vijitpavan, Luengwattanakit, & Srungboonmee 2025).

Praktik anestesi saat ini melakukan pemantauan tekanan darah telah menjadi standar pelayanan. Pemantauan *kapnogram* semakin digunakan terutama pada kasus bedah berisiko tinggi, termasuk *craniotomy*. Beberapa rumah sakit di wilayah Jawa Timur telah menerapkan *kapnogram* sebagai

bagian dari pemantauan intraoperatif. Pemanfaatan nilai $ETCO_2$ sebagai parameter yang dikaitkan langsung dengan stabilitas hemodinamik dan MAP masih memerlukan penguatan bukti ilmiah, khususnya dalam konteks praktik klinis di rumah sakit daerah.

RSUD Kanjuruhan Malang merupakan rumah sakit rujukan yang secara rutin menangani *craniotomy*. Dalam rangka evaluasi dan peningkatan mutu pelayanan anestesi, dilakukan studi pendahuluan terhadap dinamika ventilasi dan hemodinamik intraoperatif. Hasil pengamatan pada periode Agustus–Oktober 2025 menunjukkan bahwa dari 90 pasien *craniotomy*, sebanyak 57 pasien (63,3%) mengalami fluktuasi MAP lebih dari 20% dari nilai awal. Gangguan ventilasi juga ditemukan pada 25 pasien (27,7%) mengalami *hipokapnia* dengan nilai $ETCO_2 < 30$ mmHg yang berkaitan dengan *hiperventilasi*, sementara 8 pasien (8,9%) mengalami *hiperkapnia* dengan nilai $ETCO_2 > 45$ mmHg akibat ventilasi yang tidak adekuat. Total semua 33 pasien (36,6%) menunjukkan nilai $ETCO_2$ di luar rentang normal selama pembedahan (Data Lapangan RSUD Kanjuruhan, 2025). Temuan ini menggambarkan adanya dinamika fisiologis yang perlu dipahami lebih lanjut, khususnya terkait keterkaitan antara perubahan $ETCO_2$ dan MAP selama tindakan *craniotomy*.

Penelitian tentang hubungan nilai *End Tidal Carbon Dioxide* ($ETCO_2$) intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure* (MAP) pada pasien *craniotomy* di RSUD Kanjuruhan Malang perlu dilakukan berdasarkan adanya variasi nilai kedua parameter tersebut sepanjang prosedur. Penelitian ini bertujuan

untuk mengidentifikasi nilai *ETCO₂* dan *MAP* intraoperatif serta menganalisis hubungan antara kedua variabel tersebut pada fase anestesi. *ETCO₂* merupakan parameter ventilasi *non-invasif* dan *real-time*, sedangkan *MAP* merupakan indikator utama stabilitas hemodinamik. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan gambaran objektif mengenai hubungan antara ventilasi dan stabilitas hemodinamik pada *craniotomy* yang dapat menjadi landasan untuk anestesi intraoperatif serta meningkatkan kenyamanan pasien dan memperbaiki kualitas bedah saraf di RSUD Kanjuruhan Malang.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, dapat dirumuskan masalah sebagai berikut “Apakah ada hubungan nilai *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)* intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure (MAP)* pada pasien *Craniotomy* di RSUD Kanjuruhan Malang?”

C. Tujuan

1. Tujuan Umum

Diketahui hubungan nilai *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)* intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure (MAP)* pada pasien *Craniotomy* di RSUD Kanjuruhan Malang.

2. Tujuan Khusus

- a. Diketahui karakteristik responden pada pasien yang melakukan *craniotomy*, meliputi: jenis kelamin, usia, berat badan, tinggi badan, dan status fisik ASA.

- b. Diketahui nilai *ETCO₂* intraoperatif pada pasien *craniotomy*.
- c. Diketahui nilai *MAP* intraoperatif pada pasien *craniotomy*.
- d. Dianalisis hubungan dan kekuatan antara *ETCO₂* dengan *MAP* intraoperatif pada pasien yang menjalani *craniotomy*.

D. Ruang Lingkup

Penelitian ini termasuk dalam lingkup keperawatan *anestesiologi*, yaitu pada pasien yang menjalani operasi *craniotomy* dengan pemantauan hubungan nilai *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)* intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure (MAP)* pada pasien *Craniotomy* di RSUD Kanjuruhan Malang.

E. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoritis

Hasil penelitian ini diharapkan memberikan manfaat untuk kemajuan ilmu pengetahuan dan menambah referensi di bidang ilmu keperawatan anestesiologi terkait hubungan nilai *End Tidal Carbon Dioxide (ETCO₂)* intraoperatif dengan *Mean Arterial Pressure (MAP)* pada pasien *Craniotomy*.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Penata Anestesi

Dapat memberikan acuan untuk mengoptimalkan pengaturan ventilasi selama operasi berdasarkan nilai *ETCO₂* guna menjaga *MAP* tetap stabil.

b. Bagi Institusi Pendidikan

Dapat menjadi bahan acuan dan menambah wawasan maupun mencari referensi bagi mahasiswa keperawatan anestesiologi terkait hubungan nilai $ETCO_2$ Intraoperatif dengan MAP pada pasien *Craniotomy*.

c. Bagi Peneliti Selanjutnya

Sebagai bahan referensi dan pertimbangan dalam melakukan penelitian ini lebih lanjut terkait hubungan nilai $ETCO_2$ intraoperatif dengan MAP pada pasien *Craniotomy*.

F. Keaslian Penelitian

1. Nooralishahi, *et al.*, (2021) meneliti tentang “*The Association Between End-Tidal CO_2 and Arterial Partial Pressure of CO_2 After Cardiopulmonary Bypass Pumping in Cyanotic Children*”. Metode yang digunakan adalah *cross-sectional analytic* dengan *consecutive sampling*. Populasi penelitian adalah anak-anak dengan penyakit jantung sianotik yang menjalani operasi dengan *cardiopulmonary bypass (CPB)*. Sampel berjumlah 32 anak yang memenuhi kriteria inklusi. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan bermakna antara $ETCO_2$ dan $PaCO_2$ setelah *CPB*, dengan koefisien korelasi $r = 0,529$ ($p = 0,029$). Peneliti menyimpulkan bahwa $ETCO_2$ dapat digunakan sebagai alat prediksi non-invasif $PaCO_2$ pada pasien pediatrik pasca-*CPB*. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian peneliti terletak pada variabel terikat, populasi, dan konteks pembedahan. Pada Nooralishahi, *et al.*, (2022) variabel terikat

adalah $PaCO_2$, sementara peneliti menggunakan MAP . Populasi Nooralishahi, *et al.*, (2022) adalah anak dengan penyakit jantung, sedangkan peneliti meneliti pasien dewasa *craniotomy*. Jenis pembedahan pun berbeda (*CPB vs craniotomy*). Persamaan terletak pada variabel bebas yaitu $ETCO_2$, serta metode observasional analitik.

2. Kaitami, *et al.*, (2023) meneliti tentang “*Association between intraoperative end-tidal carbon dioxide and postoperative organ dysfunction in major abdominal surgery: A cohort study*”. Metode yang digunakan adalah studi *kohort* observasional. Populasi penelitian adalah pasien dewasa yang menjalani operasi abdominal mayor dengan anestesi umum. Sampel terdiri dari pasien yang dipantau nilai $ETCO_2$ intraoperatif secara kontinu dan dievaluasi terhadap kejadian disfungsi organ pascaoperasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai $ETCO_2$ intraoperatif yang lebih rendah berhubungan secara signifikan dengan peningkatan risiko disfungsi organ pascaoperasi, yang mencerminkan adanya gangguan perfusi dan ketidakstabilan fisiologis selama anestesi. Peneliti menyimpulkan bahwa $ETCO_2$ intraoperatif dapat digunakan sebagai indikator status perfusi dan kecukupan hemodinamik selama pembedahan. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian peneliti terletak pada variabel terikat, jenis pembedahan, dan waktu luaran yang dinilai. Pada penelitian Kaitami, *et al.*, (2023) variabel terikat adalah kejadian disfungsi organ pascaoperasi, sedangkan peneliti menggunakan MAP intraoperatif sebagai variabel terikat. Selain itu, penelitian tersebut

dilakukan pada operasi abdominal mayor, sedangkan penelitian peneliti berfokus pada pasien yang menjalani *craniotomy*. Penilaian luaran pada penelitian tersebut dilakukan pascaoperasi, sementara penelitian peneliti menganalisis hubungan secara intraoperatif. Persamaan antara kedua penelitian terletak pada penggunaan *ETCO₂* intraoperatif sebagai variabel bebas, desain observasional analitik, serta pendekatan pemantauan fisiologis kontinu selama anestesi umum

3. Vijitpavan, *et al.*, (2025) meneliti tentang “*End-Tidal CO₂ Changes as Predictors of Significant Blood Pressure Variations During General Anesthesia*”. Metode yang digunakan adalah observasional analitik prospektif. Populasi penelitian adalah pasien dewasa yang menjalani tindakan pembedahan dengan anestesi umum. Sampel penelitian terdiri dari pasien dewasa yang dipantau secara kontinu nilai *ETCO₂* dan tekanan darah selama intraoperatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan nilai *ETCO₂* intraoperatif berhubungan secara signifikan dengan variasi tekanan darah, di mana penurunan *ETCO₂* sering mendahului terjadinya *hipotensi* intraoperatif. Peneliti menyimpulkan bahwa dinamika *ETCO₂* dapat digunakan sebagai indikator awal perubahan hemodinamik selama anestesi umum. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian peneliti terletak pada variabel terikat, populasi, dan jenis pembedahan. Pada penelitian Vijitpavan, *et al.*, (2025) luaran penelitian adalah variasi tekanan darah dan kejadian *hipotensi*, sedangkan peneliti menggunakan *MAP* sebagai variabel terikat. Selain itu, populasi

penelitian Vijitpavan, *et al.*, (2025) adalah pasien bedah umum, sedangkan peneliti memfokuskan pada pasien dewasa yang menjalani *craniotomy*. Persamaan penelitian terletak pada penggunaan *ETCO₂* sebagai variabel bebas, pemantauan intraoperatif, serta desain observasional analitik.

4. Hisam, *et al.*, (2023) meneliti tentang komplikasi dan manajemen anestesi pada tindakan *craniotomy*, dengan fokus pada pengendalian tekanan intrakranial (*intracranial pressure/ICP*) dan pendekatan perioperatif untuk menjaga stabilitas fisiologis pasien. Metode penelitian yang digunakan adalah studi deskriptif klinis yang membahas praktik manajemen anestesi *craniotomy* dalam konteks pelayanan anestesi. Penelitian ini menekankan pentingnya pengelolaan anestesi yang tepat untuk mencegah komplikasi, termasuk upaya menjaga stabilitas hemodinamik selama periode perioperatif. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian peneliti terletak pada fokus variabel dan desain analisis. Penelitian Hisam, *et al.*, (2023) tidak menganalisis parameter ventilasi seperti *ETCO₂* dan tidak melakukan analisis hubungan statistik antara *ETCO₂* dan *MAP*. Selain itu, penelitian tersebut lebih bersifat deskriptif dan aplikatif klinis, tanpa pendekatan korelasional antar variabel fisiologis. Persamaan antara kedua penelitian terletak pada konteks klinis *craniotomy*, perhatian terhadap pengendalian *ICP*, serta pentingnya menjaga stabilitas hemodinamik selama anestesi. Oleh karena itu, penelitian Hisam, *et al.*, (2023) diposisikan sebagai landasan konteks

klinis dan praktik nasional, sedangkan penelitian peneliti memberikan kontribusi baru melalui analisis hubungan antara *ETCO₂* intraoperatif dan *MAP* pada pasien *craniotomy*.

5. Utami, *et al.*, (2025) meneliti tentang “*Role of neuroprotective agents in the anesthetic management of brain tumors for patients with recidive cystic tumor with signs of intracranial hypertension underwent re-craniotomy decompression tumor resection: case report*”. Metode yang digunakan adalah studi kasus (*case report*). Subjek penelitian adalah seorang pasien dengan tumor otak kistik rekuren disertai tanda peningkatan tekanan intrakranial yang menjalani *re-craniotomy* dengan reseksi tumor dan dekompresi. Penelitian ini berfokus pada peran agen *neuroprotektif* dalam manajemen anestesi untuk menjaga stabilitas hemodinamik dan melindungi jaringan otak selama tindakan pembedahan. Hasil laporan kasus menunjukkan bahwa penggunaan strategi anestesi *neuroprotektif* berperan penting dalam menjaga kondisi fisiologis pasien selama prosedur bedah saraf. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian peneliti terletak pada desain penelitian, variabel yang dianalisis, dan tujuan penelitian. Penelitian Utami, *et al.*, (2025) menggunakan desain studi kasus, dengan fokus pada manajemen anestesi dan penggunaan agen *neuroprotektif*, tanpa melakukan analisis statistik hubungan antar variabel. Sementara itu, penelitian peneliti menggunakan desain observasional analitik, dengan tujuan menganalisis hubungan antara *ETCO₂* intraoperatif sebagai variabel bebas dan *MAP* sebagai variabel

terikat pada pasien *craniotomy*. Persamaan antara kedua penelitian terletak pada konteks klinis bedah saraf, yaitu *craniotomy*, penggunaan pemantauan intraoperatif selama anestesi umum, serta perhatian terhadap stabilitas hemodinamik dan perfusi serebral selama pembedahan otak.