

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Konsep Dasar Kraniotomi

a. Definisi

Kraniotomi adalah prosedur bedah yang melibatkan pengangkatan sementara bagian tengkorak (flap tulang) untuk mengakses otak. Tujuan prosedur ini beragam, mulai dari eksisi tumor, pengikatan aneurisma, evakuasi hematoma, hingga pengobatan malformasi vaskular. Flap tulang dapat dipasang kembali, dibuang, atau disimpan untuk rekonstruksi nantinya. Teknik kraniotomi modern telah berkembang dari trepanasi kuno, dengan kemajuan signifikan di bidang presisi bedah, pengendalian infeksi, anestesi, dan neuro-navigasi. Saat ini, sistem navigasi berbasis pencitraan memungkinkan ahli bedah melokalisasi lesi dengan akurat, mengurangi kerusakan jaringan sehat, dan meningkatkan hasil pasien (Munakomi & Hall., 2025).

b. Anatomi dan Fisiologi

Kraniotomi memiliki beberapa jenis, dinamai berdasarkan tulang tengkorak yang dibuka, seperti frontal, parietal, temporal, dan oksipital. Lokasi patologi menentukan pilihan kraniotomi, bisa supratentorial (di atas tentorium cerebelli) atau infratentorial (fossa posterior). Memahami anatomi dan fisiologi sangat penting untuk kraniotomi yang efektif dan aman (Munakomi & Hall., 2025).

Kraniotomi pterional adalah salah satu kraniotomi tradisional yang sering digunakan untuk mengakses struktur di sekitar sirkulasi anterior otak. Teknik ini efektif untuk menangani aneurisma sirkulasi anterior, aneurisma arteri ujung basilar, tumor lobus frontal dan temporal, tumor suprasellar (seperti adenoma hipofisis dan kraniofaringioma), serta prosedur di sinus cavernosus (Hendricks & Cohen-gadol, 2021). Jenis kraniotomi supratentorial lainnya:

- 1) Kraniotomi temporal/subtemporal: biopsi lobus temporal, lobektomi, operasi epilepsi, tumor lobus temporal, akses fossa cranial tengah.
- 2) Kraniotomi frontal: tumor ventrikel ketiga, sellar, kraniofaringioma, meningioma planum sphenoidale, tumor lobus frontal, fistula CSF anterior.
- 3) Lainnya: parietal, oksipital, retrosigmoid (Zhou *et al.*, 2021).

c. Indikasi

Ada beberapa indikasi dilakukannya tindakan kraniotomi pembedahan menurut Ciporen *et al* (2024) adalah :

- 1) Sebagai intervensi untuk mengangkat jaringan abnormal, baik tumor maupun kanker.
- 2) Mengurangi tekanan intrakranial
- 3) Mengevakuasi adanya bekuan darah.
- 4) Pembenaan organ-organ intrakranial.
- 5) Mengatasi perdarahan yang terjadi dalam otak.

- 6) Cerebral aneurysm.
- 7) Trauma tengkorak.
- 8) Peradangan dalam otak.
 - a) Trauma Hematoma extradural akut, hematoma subdural akut, memar otak, patah tulang tengkorak tertekan, benda asing intrakranial, dan perbaikan kebocoran cairan serebrospinal (CSF).
 - b) Tumor Meningioma, glioma derajat tinggi dan derajat rendah, epidermoid, ependymoma, oligodendroglioma, metastasis, tumor orbital, tumor sudut cerebellopontine, lesi sellar dan parasellar.
 - c) Vaskular seperti perdarahan intraserebral, infark wilayah arteri serebral tengah ganas (MCA), trombosis vena kortikal (CVT) dengan infark hemoragik, aneurisma, dan malformasi vaskular (malformasi arteri vena, angioma cavernoso, fistula arteri-vena), dan dekompresi mikrovaskular.
 - d) Menular seperti abses, empiema subdural.
 - e) Lesi parasit seperti kista hydatidosa, racemose neurocysticercosis (NCC)
 - f) Dan lain-lain seperti epilepsi, bedah fungsional-stimulasi otak dalam, prosedur nyeri (*thalamotomy*), dan prosedur stereotaxic dan neuroendoscopy.

Indikasi kraniotomi juga dibagi berdasarkan situasinya yaitu

1) Segera (*Emergency*)

- a) Hematoma ekstra serebral (epidural, subdural) dengan efek desak ruang (ketebalan lebih dari 10 mm, dan atau dengan garis tengah yang bergeser lebih dari 5 mm, dan atau ada penyempitan *cisterna perimesencephalic* atau *ventriculus tertius*).
- b) Hematoma intraserebral dengan efek pendesakan dan dislokasi yang dapat dilakukan tindakan bedah.
- c) Fraktur terbuka, dengan fragmen impresi, dengan atau tanpa robekan dura.
- d) Tanda-tanda kompresi saraf optik.

2) Elektif (Terprogram)

- a) Fraktur impresi tertutup, dengan defisit neurologis minimal dan pasien stabil. Hematoma intrakranial dengan efek masa dan defisit neurologis yang minimal, dan pasien stabil.

d. Kontra Indikasi

Kontraindikasi untuk melakukan kraniotomi yaitu risiko anestesi tinggi, usia lanjut, penyakit penyerta yang parah, status fungsional buruk, indeks kerapuhan tinggi, kolaps sistemik berat (sepsis, gagal organ multipel), gangguan pembekuan darah, diskrasia perdarahan, dan patologi yang dapat diatasi dengan satu lubang bor (Alali & Dua., 2025).

Kraniotomi berisiko menimbulkan komplikasi serius seperti peningkatan tekanan intrakranial, efusi subdural, hidrosefalus, perdarahan, syok hipovolemik, nyeri, infeksi, dan kejang – bahkan bisa berujung fatal. Pasien pasca kraniotomi perlu pengawasan ketat karena bisa terjadi perubahan fisiologis dan neurologis, termasuk kejang dan gangguan pola napas (Nailussa'dah *et al.*, 2025). Penelitian menunjukkan tekanan intrakranial pasca operasi bisa berbahaya jika tidak ditangani. Salah satu penanganan awal adalah mengatur posisi pasien untuk optimalkan aliran oksigen ke otak (Pamungkas *et al.*, 2024).

e. Pelaksanaan

Pasien dibius, lalu kepala diatur posisinya sesuai rencana operasi. Penting menghindari tekanan pada area rentan dengan memberi bantalan secukupnya. Lokasi sayatan kraniotomi disesuaikan dengan area otak yang ditarget. Jika pakai neuronavigasi, anatomi dikonfirmasi dulu sebelum sayatan (Munakomi & Hall., 2025).

Untuk pembedahan di area supratentorial, sayatan biasanya dibuat di atas tulang frontal, temporal, parietal, atau oksipital atau di atas kombinasi tulang. Untuk pembedahan di area infratentorial, sayatan biasanya dibuat di bagian belakang tengkorak di bawah sinus transversus. Setelah lokasi sayatan yang diinginkan dipilih pada kulit, rambut di area tersebut dapat dicukur. Sayatan sebaiknya berada

di belakang garis rambut untuk alasan kosmetik. Setelah sayatan dipastikan, area pembedahan dibersihkan dengan agen antiseptik pilihan, diikuti dengan teknik penutupan steril rutin. Anestesi lokal dengan epinefrin biasanya disuntikkan ke dalam sayatan kulit yang ditandai untuk membantu hemostasis (Greuter *et al.*, 2021).

Setelah sayatan kulit dibuat, otot-otot di bawah kulit kepala dibedah untuk mengekspos tengkorak. Retraktor dapat ditempatkan di tepi sayatan untuk memberikan paparan yang memadai ke area bedah yang difokuskan. Sebagai alternatif, retractor kait ikan atau jahitan dapat digunakan untuk menahan flap kulit kepala di tempatnya. Perikranium dapat dipisahkan dan digunakan sebagai pengganti dura jika perlu selama penutupan. Beberapa lubang bor dibuat ke dalam tengkorak menggunakan kraniotomi atau bor kranial. Kehati-hatian harus dilakukan untuk mencegah kraniotomi menembus otak. Lubang-lubang tersebut dibersihkan dari fragmen tulang, dan dura dipisahkan dengan elevator Freer atau disektor Penfield. Lubang bor dihubungkan dengan gergaji kraniotomi, dan flap tulang diangkat setelah dipisahkan dengan hati-hati dari dura mater di bawahnya. Flap tulang dipegang di meja instrumen bedah sampai bagian penutupan operasi selesai. Untuk prosedur intradural, dura dipotong dan ditarik, mengekspos otak (Greuter *et al.*, 2021). Setelah operasi otak selesai, tulang disambung kembali ke posisinya dengan pelat dan sekrup. Hemostasis yang memadai harus dicapai sebelum penutupan kulit kepala. Jaringan di atasnya disambung kembali, dan kulit kepala

kemudian dijahit dalam lapisan anatomi. Tergantung pada preferensi ahli bedah, drainase subdural atau subgaleal dapat dibiarkan di tempatnya untuk mengalirkan produk darah yang terkumpul. Selain itu, tinjauan sistematis mendukung penggunaan blok kulit kepala regional (RSB) (Zhichao *et al.*, 2025).

2. Konsep Dasar General Anestesi

a. Definisi

Anestesi adalah pemberian obat untuk menghilangkan kesadaran secara sementara dan biasanya ada kaitannya dengan pembedahan. General anestesi atau anestesi umum merupakan suatu tindakan yang bertujuan menghilangkan nyeri, membuat tidak sadar dan menyebabkan amnesia yang bersifat *reversible* dan dapat diprediksi. Sasaran utama anestesi umum adalah membuat pasien tidak sadarkan diri dan tidak dapat merasakan rangsangan nyeri sambil mengendalikan refleks otonom saat pembedahan dilakukan (Smith *et al.*, 2023).

Anestesi umum merupakan suatu tindakan anestesi yang bertujuan untuk menghilangkan nyeri, menyebabkan ketidaksadaran, dan menimbulkan amnesia sementara (dapat pulih kembali). Selama proses ini, pasien kehilangan kemampuan untuk mengingat kejadian selama pembiusan dan prosedur pembedahan, sehingga setelah sadar, pasien tidak mengingat jalannya operasi (Millizia *et al.*, 2023).

b. Teknik Anestesi

Teknik anestesi dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu anestesi melalui inhalasi, anestesi yang diberikan lewat pembuluh darah (intravena), serta anestesi kombinasi atau campuran (anestesi seimbang) (Millizia *et al.*, 2023) :

- 1) Anestesi umum intravena (*Total Intravenous Anesthesia/TIVA*), merupakan teknik general anestesi yang dilakukan dengan menyuntikkan obat anestesi parenteral langsung ke dalam pembuluh darah vena. Teknik ini sering digunakan untuk induksi dan pemeliharaan anestesi, bedah singkat dan sedasi pada beberapa tindakan medis.
- 2) Anestesi umum inhalasi (*Volatile Inhalation and Maintenance Anesthesia/VIMA*), merupakan metode anestesi yang dilakukan dengan memberikan campuran obat anestesi berbentuk gas atau cairan yang mudah menguap melalui alat atau mesin anestesi, kemudian disalurkan langsung ke dalam udara yang dihirup pasien.
- 3) Anestesi umum kombinasi (Imbang), merupakan metode anestesi umum yang memanfaatkan kombinasi berbagai jenis obat, baik anestesi intravena maupun inhalasi, atau gabungan antara teknik anestesi umum dan analgesia regional, dengan tujuan mencapai trias anestesi secara seimbang dan optimal.

c. Stadium Anestesi

Guedel dalam (Siddiqui & Kim, 2023) membagi stadium anestesi menjadi empat tahap yaitu:

1) Stadium 1 : Analgesia atau Disorientasi

Tahap ini memiliki nama lain tahap induksi, yang dimulai di ruang pre operasi, saat pasien diberi obat, lalu pasien merasa efek obat tersebut, namun belum kehilangan kesadaran sehingga pasien dapat berbicara dengan pernapasan yang lambat dan teratur yang kemudian diakhiri tahap pasien akan kehilangan kesadaran. Tahap ini melihat perubahan pasien dari analgesia tanpa amnesia, menjadi analgesia dan amnesia.

2) Stadium 2 : Kegembiraan atau Delirium

Pada tahap ini ditandai dengan delirium, gerakan involunter, refleks bulu mata menghilang, tekanan darah meningkat (hipertensi), dan peningkatan frekuensi denyut jantung (takikardi). Di tahap ini refleks jalan napas masih ada dan menjadi lebih sensitif terhadap rangsangan. Oleh sebab itu, pemasangan atau pelepasan ETT dan deep suction harus dihindari. Risiko laringospasme juga lebih tinggi dan manipulasi jalan napas dapat memperburuk keadaan. Kombinasi kondisi pasien seperti gerakan spastik, muntah, serta pola napas yang cepat dan teratur dapat menjadi ancaman keamanan jalan napas pasien.

3) Stadium 3 : Anestesi Bedah

Pada tahap ini merupakan tingkatan yang diharapkan dalam anestesi umum. Ciri utama pada tahap ini gerakan mata terhenti serta depresi napas. Manipulasi jalan napas aman dilakukan pada tahap ini. Tahap ini terdiri dari empat plana.

- a) Plana 1 pernapasan spontan dan teratur, pupil menyempit, dan tatapan mata terpusat disertai hilangnya reflek kelopak mata, konjungTIVA , dan menelan.
 - b) Plana 2 pernapasan mulai terputus-putus, gerakan mata berhenti, produksi air mata meningkat, refleks kornea dan laring menghilang.
 - c) Plana 3 ditandai dengan relaksasi total pada bagian otot interkostal dan perut, refleks cahaya dan pupil menghilang, serta tahap ini merupakan tahap yang paling sesuai untuk digunakan dalam sebagian besar prosedur pembedahan.
 - d) Plana 4 ditandai dengan pernapasan tidak teratur dan abnormal serta apnea.
- 4) Stadium 4 Overdosis

Pada tahap ini terjadi sebab agen anestesi diberikan secara berlebihan dibandingkan rangsangan bedah sehingga depresi otak atau sumsum tulang belakang menjadi lebih parah. Ciri tahap ini dimulai dengan henti napas, otot rangka menjadi lemas, pupil melebar yang tidak bereaksi terhadap cahaya, hipotensi, denyut nadi melemah akibat penurunan fungsi pompa jantung dan

vasodilatasi pembuluh darah perifer. Tanpa dukungan kardiovaskuler dan pernapasan tahap ini bersifat fatal bahkan berujung kematian.

d. Anestesi Pada Kraniotomi

Anestesi yang digunakan untuk operasi kraniotomi bervariasi tergantung jenis operasi, umumnya menggunakan anestesi umum (buis total) untuk relaksasi otak dan kontrol jalan napas, atau teknik kraniotomi sadar (awake craniotomy) dengan sedasi / analgesia ringan seperti propofol / dexmedetomidine dan scalp block agar pasien tetap bisa merespons untuk pemetaan fungsi otak (bahasa/motorik) saat tumor diangkat, sambil memastikan otak tetap rileks dan tekanan intrakranial terkontrol. Prinsipnya adalah manajemen perfusi otak, oksigenasi, serta stabilitas hemodinamik selama prosedur (Alali & Dua., 2025). Manajemen anestesi selama tindakan operasi kraniotomi antara lain :

- 1) Kontrol Tekanan Intrakranial (TIK). Posisi kepala head-up, ventilasi terkontrol (PaCO_2 35 mmHg), penggunaan diuretik (Mannitol, Furosemid).
- 2) Stabilitas Hemodinamik. Menjaga tekanan darah (sistolik > 90 mmHg, < 160 mmHg).
- 3) Neuroproteksi. Menjaga oksigenasi dan perfusi otak.
- 4) Manajemen Jalan Napas. Memastikan jalan napas tetap aman, terutama saat transisi kesadaran.

- 5) Penggunaan Obat. Obat kerja pendek seperti Propofol dan Remifentanil sering digunakan untuk kontrol kedalaman anestesi yang cepat.

3. Konsep Dasar Propofol *Continuous Infusion*

a. Definisi

Propofol adalah obat hipnotik intravena kerja pendek yang digunakan untuk induksi dan pemeliharaan sedasi dan anestesi umum. Obat ini memberikan efeknya melalui potensiasi neurotransmitter penghambat asam γ -aminobutirat (GABA) pada reseptor GABAA. Propofol biasanya diberikan bersamaan dengan analgesik opioid sebagai anestesi intravena untuk pemeriksaan histeroskopi atau operasi terapeutik. Pemberian propofol secara kontinu diaplikasikan melalui metode farmakokinetik manual dengan menggunakan perangkat *syringe pump* (*continuous infusion*). Berbeda dengan sistem otomatis, metode ini mengandalkan penyesuaian laju dosis secara berkala (*model spacing/titrasi manual*) yang dihitung berdasarkan berat badan dan respon klinis pasien untuk mempertahankan konsentrasi obat yang stabil di dalam plasma. Agen anestesi intravena ini telah digunakan secara luas selama lebih dari tiga dekade karena memiliki keunggulan berupa *onset* yang cepat, pembersihan sistemik yang segera, serta menjaga tekanan darah dan nadi lebih stabil (Tan *et al.*, 2021).

Propofol adalah anestesi intravena yang digunakan untuk sedasi prosedural, selama perawatan anestesi yang dipantau, atau sebagai agen induksi untuk anestesi umum. Obat ini dapat diberikan sebagai bolus atau infus, atau kombinasi keduanya. Propofol disiapkan dalam emulsi

lipid yang memberikannya tampilan putih susu yang khas. Teknik aseptik yang ketat harus digunakan saat mengambil propofol karena emulsi tersebut dapat mendukung pertumbuhan mikroba. Obat ini memiliki penggunaan yang disetujui dan di luar label. Aktivitas ini menguraikan indikasi, mekanisme kerja, metode pemberian, efek samping penting, kontraindikasi, pemantauan, dan toksisitas propofol, sehingga penyedia layanan kesehatan dapat mengarahkan anestesi pasien sesuai indikasi, sebagai bagian dari tim interprofesional (Folino *et al.*, 2023).

b. Mekanisme Kerja

Seperti kebanyakan agen anestesi umum, mekanisme kerja propofol kurang dipahami tetapi diduga terkait dengan efek pada saluran klorida yang dimediasi GABA di otak. Propofol mungkin bekerja dengan mengurangi disosiasi GABA dari reseptor GABA di otak dan mempotensiasi efek penghambat neurotransmitter. Hal ini, pada gilirannya, membuat saluran tetap aktif untuk durasi yang lebih lama, sehingga meningkatkan konduktansi klorida melintasi neuron, menyebabkan hiperpolarisasi membran sel, sehingga menyulitkan terjadinya potensial aksi yang berhasil (Folino *et al.*, 2023).

c. Efek Samping

- 1) Nyeri lokal sementara di tempat suntikan adalah reaksi merugikan yang paling umum. Hal ini dapat dikurangi dengan pemberian lidokain intravena sebelum bolus propofol.

- 2) Hipotensi

- 3) Mioklonus
- 4) Kadang-kadang diketahui menyebabkan perubahan EKG (pemanjangan interval QT). Hal ini jarang signifikan secara klinis.
- 5) Urine berubah warna (berwarna hijau); kejadian buruk ini sangat jarang terjadi.

Propofol dapat meningkatkan efek obat lain yang menyebabkan depresi SSP atau pernapasan dan penurunan tekanan darah. Perlu berhati-hati saat menggunakan obat lain yang dapat memperpanjang interval QT. Propofol memiliki efek penghambatan CYP3A4 yang lemah tetapi kemungkinan tidak menimbulkan kekhawatiran klinis (Folino *et al.*, 2023).

d. Kontraindikasi

Propofol dikontraindikasikan pada pasien yang memiliki reaksi hipersensitivitas terhadap obat ini. Kehati-hatian diperlukan pada pasien dengan tekanan darah rendah yang abnormal. Beberapa informasi dalam kemasan obat menyatakan bahwa propofol tidak boleh diberikan kepada mereka yang memiliki riwayat alergi terhadap telur, produk telur, kedelai, atau produk kedelai. Reaksi alergi terjadi akibat paparan protein spesifik dari sumber telur dan kedelai, dan bukan lemak (lesitin dan minyak) yang membentuk emulsi. Minyak yang digunakan untuk memproduksi propofol kemungkinan kecil mengandung protein dalam jumlah yang cukup signifikan untuk menghasilkan reaksi alergi silang. Meskipun demikian, pasien dengan atopi dilaporkan memiliki

insiden reaksi alergi yang lebih tinggi terhadap banyak obat, dan ada laporan kasus sensitivitas silang terhadap propofol pada pasien atopi. Pertimbangan klinis harus dilakukan berdasarkan kasus per kasus. (Folino *et al.*, 2023).

e. Farmakodinamik

1) Efek Terapeutik Propofol

Ketika diberikan sebagai bolus, propofol memiliki awalan yang cepat dan halus serta durasinya sangat dapat diprediksi. Propofol memiliki toksisitas organ yang rendah dan sangat kompatibel dengan berbagai macam obat lain yang umum digunakan dalam anestesi.

2) Efek Pada Sistem Saraf Pusat

Propofol menyebabkan penurunan kesadaran yang bergantung pada dosis dan dapat digunakan untuk sedasi sedang hingga anestesi umum. Penurunan kesadaran ini dapat menyebabkan hilangnya refleks jalan napas pelindung, dan propofol tidak boleh digunakan pada pasien mana pun kecuali mereka berpuasa dengan benar. Pedoman NPO (tidak boleh makan dan minum) dari *American Society of Anesthesiologists* (ASA) harus digunakan sebagai acuan untuk durasi puasa setelah berbagai asupan oral.

Selain depresi kognisi, propofol akan menyebabkan penurunan aliran darah serebral, tekanan intrakranial, dan konsumsi oksigen serebral. Propofol menyebabkan peningkatan

latensi dan penurunan amplitudo selama pemantauan potensial yang ditimbulkan somatosensori dan, pada dosis yang lebih tinggi, dapat menyebabkan penekanan ledakan dan bahkan EEG isoelektrik. Pada model tikus, propofol memiliki efek neuroprotektif pada otak dan akan mengurangi kerusakan oksidatif dan apoptosis.

Propofol juga terbukti menyebabkan fenomena eksitasi sementara seperti gerakan koreiform dan opistotonus (postur abnormal yang disebabkan oleh kejang otot) setelah injeksi. Propofol juga terbukti menekan aktivitas kejang di otak dan jarang digunakan di luar indikasi resmi untuk mengobati status epileptikus refrakter.

Propofol memberikan efek antiemetik pada otak, yang membantu mengurangi mual dan muntah pasca operasi. Meskipun mekanisme ini masih belum diketahui, diyakini disebabkan oleh efek depresan langsung pada zona pemicu kemoreseptor dan nukleus vagal.

3) Sistem Kardiovaskuler

Propofol menyebabkan vasodilatasi dengan menghambat aktivitas vasokonstriktor simpatik bersamaan dengan sedikit penurunan kontraktilitas miokard, yang menyebabkan hipotensi yang sering terlihat saat diberikan. Efek ini bisa cukup besar, dengan penurunan tekanan arteri rata-rata yang signifikan,

terutama ketika propofol diberikan sebagai bolus. Kehati-hatian harus digunakan pada pasien hipovolemik atau kekurangan katekolamin.

4) Sistem Respirasi

Propofol menyebabkan depresi pernapasan yang bergantung pada dosis karena penghambatan dorongan ventilasi hiperkapnia. Depresi pernapasan ini diperkuat oleh penggunaan bersamaan dengan agen sedatif lain (benzodiazepin, opioid, agonis alfa dua yang bekerja secara sentral, atau obat anestesi lainnya). Dosis induksi propofol akan menyebabkan apnea. Propofol juga diketahui menyebabkan kejadian bronkospasme yang rendah pada pasien asma.

5) Efek Lain

Propofol memiliki efek lain seperti antiemetik (efek yang dapat mencegah serta mengatasi terjadinya mual dan muntah) ketika diberikan secara terus menerus melalui infus. Pasien akan mengalami nyeri ringan sampai sedang ketika sedang di lakukan induksi menggunakan propofol.

f. Propofol *Continuous Infusion*

Propofol Continuous Infusion adalah metode pemberian obat bius propofol secara berkelanjutan melalui infus untuk menjaga pasien tetap tertidur atau tenang (sedasi) selama prosedur medis atau perawatan intensif, memberikan efek yang lebih stabil dibanding suntikan bolus, sering digunakan di ICU untuk pasien dengan ventilator atau untuk

anestesi umum yang panjang, namun memerlukan pemantauan ketat karena potensi efek samping serius seperti sindrom infus propofol (PRIS) jika dosis tinggi dalam waktu lama (Folino *et al.*, 2023).

Mekanismenya memperlambat aktivitas otak dan sistem saraf, mengurangi rasa sakit dan membuat pasien tidak sadar atau rileks. Kegunaannya untuk memulai dan mempertahankan anestesi umum saat operasi, sedasi mendalam untuk prosedur diagnostik misal endoskopi, dan sedasi pada pasien kritis di ICU yang memakai ventilator.

Keunggulan propofol *continuous infusion* yaitu menjaga tingkat sedasi yang konstan dan stabil, mengurangi fluktuasi kesadaran sedangkan kekurangan propofol *continuous infusion* yaitu membutuhkan dosis total lebih tinggi dan waktu induksi lebih lama, serta risiko lebih tinggi jika tidak dipantau dengan benar (Lee *et al.*, 2020).

g. Hubungan Propofol dengan Hemodinamik

Propofol sering dianggap membuat hemodinamik stabil relatif terhadap agen anestesi lain (seperti tiopental) dalam konteks operatif, meskipun secara patofisiologis obat ini sebenarnya mendepresi sistem kardiovaskular. Stabilitas ini dicapai melalui kombinasi efek kerja yang cepat, distribusi ulang yang cepat, serta penghambatan respon stres bedah (Astuti *et al.*, 2024).

Hubungan propofol dalam mempertahankan stabilitas hemodinamik selama operasi yaitu

1) Pengurangan Respon Saraf Simpatik (*Blunting Sympathetic Response*)

Saat prosedur operasi (terutama insisi atau intubasi), tubuh melepaskan katekolamin yang meningkatkan tekanan darah dan detak jantung. Propofol bekerja dengan menghambat aktivitas saraf simpatik. Hal ini mencegah lonjakan tekanan darah drastis (hipertensi) dan takikardia, sehingga membuat parameter hemodinamik tetap dalam kisaran yang stabil.

2) Vasodilatasi dan Penurunan Afterload

Propofol menyebabkan vasodilatasi arteri dan vena (penurunan resistensi vaskuler sistemik/SVR). Meskipun ini menurunkan tekanan darah, penurunan afterload (beban kerja jantung) ini membantu mengurangi beban kerja ventrikel kiri, yang dalam konteks tertentu, membantu jantung bekerja lebih efisien.

3) Efek Inotropik Negatif yang Cepat

Propofol memiliki efek inotropik negatif (menurunkan kontraktilitas otot jantung) dan dapat menurunkan preload. Walaupun terdengar merugikan, dalam lingkungan anestesi terkontrol, penurunan mendadak ini justru menstabilkan jantung yang mungkin mengalami "ketegangan" akibat stres pembedahan.

4) Profil Farmakokinetik yang Cepat

Propofol memiliki waktu onset yang sangat cepat (15-30 detik) dan masa kerja singkat karena distribusi ulang yang cepat

dari plasma ke jaringan. Ini memungkinkan anesthesiologis untuk mengatur kedalaman sedasi secara real-time (terutama dengan TIVA - *Total Intravenous Anesthesia*), sehingga respon hemodinamik dapat dimanipulasi dengan cepat.

4. Sevofluran

a. Definisi

Sevofluran merupakan agen anestesi inhalasi golongan eter terfluorinasi yang memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau tajam, serta tidak bersifat iritatif terhadap jalan napas. Agen ini memiliki koefisien partisi darah/gas yang rendah, yakni sekitar 0,6 hingga 0,65, yang memungkinkan proses induksi dan pemulihan kesadaran berlangsung secara sangat cepat dibandingkan agen inhalasi lainnya. Dalam praktik klinis, Sevofluran sering dipilih karena profil keamanannya yang baik serta kemampuannya untuk menjaga stabilitas fungsi organ vital selama prosedur operasi berlangsung (Ghanem *et al.*, 2021).

Penggunaan Sevofluran secara luas mencakup berbagai kelompok usia, mulai dari pediatrik hingga geriatri, terutama karena sifatnya yang tidak memicu sekresi bronkus atau laringospasme. Kelarutannya yang rendah di dalam darah memastikan bahwa konsentrasi alveolar dapat berubah dengan cepat sesuai dengan penyesuaian pada penguap (*vaporizer*), memberikan kontrol yang presisi bagi penata anestesi selama pemeliharaan anestesi. Sebagai agen

volatil, Sevofluran juga dikenal memiliki efek proteksi terhadap organ dari kerusakan akibat iskemia-reperfusi, terutama pada jaringan miokardium dan serebral (Jia *et al.*, 2024).

b. Cara Kerja

Mekanisme kerja Sevofluran melibatkan modulasi pada berbagai reseptor di sistem saraf pusat, terutama melalui penguatan aktivitas reseptor *Gamma-Aminobutyric Acid* tipe A (GABA-A). Selain bekerja pada reseptor GABA, agen ini juga menghambat transmisi sinaptik rangsang dengan mempengaruhi reseptor glutamat dan saluran ion kalsium, sehingga menghasilkan efek amnesia, imobilitas, dan ketidaksadaran. Proses ini menyebabkan penekanan pada aktivitas kortikal yang terukur melalui monitoring kedalaman anestesi, yang sangat krusial dalam prosedur pembedahan saraf (Sivakumar *et al.*, 2024).

Secara fisiologis di tingkat seluler, Sevofluran bekerja dengan cara menstabilkan membran sel saraf dan menghambat pelepasan neurotransmitter eksitatorik yang dapat memicu stres metabolik. Pada pembuluh darah otak, Sevofluran memiliki sifat vasodilator yang dapat menyebabkan peningkatan aliran darah otak (*Cerebral Blood Flow*) pada konsentrasi di atas 1 *Minimum Alveolar Concentration* (MAC). Meskipun demikian, pada dosis klinis yang rendah, Sevofluran mampu mempertahankan keseimbangan antara kebutuhan oksigen otak dan

suplai darah, sehingga mendukung perlindungan jaringan saraf selama manipulasi bedah (Van den Dool *et al.*, 2023).

c. Hubungan Sevofluran dengan *MAP* dan Nadi

Sevofluran mempengaruhi parameter hemodinamik, khususnya *Mean Arterial Pressure* (MAP), melalui penurunan tahanan vaskular sistemik yang bersifat dosis-tergantung. Meskipun menyebabkan penurunan tekanan darah, Sevofluran cenderung lebih mempertahankan refleks baroreseptor dibandingkan dengan agen anestesi intravena seperti propofol. Hal ini berarti tubuh tetap mampu melakukan kompensasi fisiologis yang lebih baik terhadap perubahan volume sirkulasi, sehingga fluktuasi MAP selama operasi cenderung lebih stabil dan mudah diprediksi (Van den Dool *et al.*, 2023).

Terhadap laju nadi, pemberian Sevofluran biasanya tidak menyebabkan perubahan frekuensi jantung yang drastis atau takikardia kompensasi yang berlebihan pada dosis pemeliharaan yang tepat. Stabilitas nadi ini sangat menguntungkan pada pasien kraniotomi karena mencegah lonjakan kebutuhan oksigen miokardium sekaligus menjaga kestabilan aliran darah ke otak. Dibandingkan dengan propofol yang sering menyebabkan bradikardi relatif, Sevofluran memungkinkan penata anestesi untuk melakukan titrasi yang lebih fleksibel guna menjaga MAP dan nadi tetap berada dalam rentang normal pasien (Ghanem *et al.*, 2021).

5. Konsep Dasar Tekanan Darah

a. Definisi

Tekanan darah adalah tanda vital utama yang memandu pengambilan keputusan klinis jangka pendek dan jangka panjang. Mengingat pentingnya tekanan darah dalam mengarahkan perawatan, pengukuran tekanan darah secara akurat dan konsisten sangatlah penting. Secara umum, dua nilai dicatat selama pengukuran tekanan darah. Pertama, tekanan sistolik, mewakili tekanan arteri puncak selama sistol. Kedua, tekanan diastolik, mewakili tekanan arteri minimum selama diastol. Terakhir, nilai ketiga, tekanan arteri rata-rata, dapat dihitung dari tekanan sistolik dan diastolik (Rehman & Hashmi., 2022). Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\text{MAP} = \text{DP} + 1/3 (\text{SP} - \text{DP}) \text{ atau } \text{MAP} = \text{DP} + 1/3 (\text{PP})$$

Keterangan:

MAP: *Mean Arterial Pressure*

DP: *Diastolic Pressure* SP: *Systolic Pressure* PP: *Pulse Pressure*

b. Manifestasi Klinis

1) Hipertensi

Bila secara klinis memungkinkan, 2 atau lebih pengukuran yang berbeda harus digunakan untuk mendiagnosis hipertensi. Ambang batas di mana tekanan darah tinggi didiagnosis terus berkembang sebagai respons terhadap bukti baru. Pedoman

sebelumnya mendefinisikan hipertensi dimulai pada tekanan darah 140/90 mmHg, tetapi pembaruan terbaru telah menurunkan tingkat ini berdasarkan manfaat intervensi dini.

Hipertensi yang tidak terdiagnosis meningkatkan risiko pasien terkena penyakit arteri koroner, stroke, dan penyakit ginjal stadium akhir, di antara komplikasi lainnya. Di Amerika Serikat, hipertensi adalah penyebab kematian kedua yang paling dapat dicegah; di seluruh dunia, hipertensi adalah penyebab utama kematian dan tahun hidup yang disesuaikan dengan kecacatan. Oleh karena itu, diagnosis hipertensi yang tepat waktu dan akurat sangat penting untuk memulai pengobatan yang mencegah atau mengurangi terjadinya komplikasi ini (Rehman & Hashmi., 2022).

2) Hipotensi

Hipotensi lebih jarang terjadi dibandingkan hipertensi dan umumnya disebabkan oleh penyebab yang dapat diidentifikasi, seperti dehidrasi, penyakit, atau efek samping obat. Meskipun tidak ada ambang batas formal untuk diagnosis hipotensi, para profesional medis umumnya menggunakan tekanan sistolik kurang dari 90 mmHg atau tekanan diastolik kurang dari 60 mmHg. Lebih umum, diagnosis dipandu oleh gejala pasien, termasuk pusing, vertigo, penglihatan kabur, mual, dan lemas (Rehman & Hashmi., 2022).

3) Hipotensi Ortostatik

Beberapa pasien memiliki tekanan darah normal saat istirahat tetapi mengalami gejala hipotensi saat berdiri. Hipotensi ortostatik didefinisikan sebagai penurunan tekanan darah sistolik sebesar 20 mmHg atau penurunan tekanan darah diastolik sebesar 10 mmHg setelah 3 menit berdiri dari posisi duduk atau berbaring (Rehman & Hashmi., 2022).

6. Konsep Dasar Denyut Nadi

a. Definisi

Denyut nadi adalah detak jantung yang bisa dirasakan pada pembuluh darah arteri, menunjukkan jumlah detak jantung per menit (BPM), dan menjadi indikator penting kesehatan jantung dan sistem kardiovaskular, umumnya berkisar 60-100 kali per menit untuk orang dewasa saat istirahat, namun dipengaruhi oleh usia, kebugaran, aktivitas, emosi, dan kondisi kesehatan (Sapra *et al.*, 2023).

b. Pengukuran

Lokasi pengukuran denyut nadi perifer yang paling umum adalah denyut nadi radial, denyut nadi ulnar, denyut nadi brakialis di ekstremitas atas, dan denyut nadi tibialis posterior atau dorsalis pedis serta denyut nadi femoralis di ekstremitas bawah. Dalam praktik sehari-hari, denyut nadi radial adalah lokasi yang paling sering digunakan untuk memeriksa denyut nadi perifer, di mana denyut nadi diraba pada aspek radial lengan bawah, tepat di proksimal sendi pergelangan tangan. Parameter untuk penilaian denyut nadi meliputi laju, irama, volume, amplitudo, dan laju peningkatannya, selain

simetrinya. Laju denyut nadi penting untuk diukur dalam menilai proses fisiologis dan patologis yang memengaruhi tubuh. Kisaran normal yang digunakan pada orang dewasa adalah antara 60 hingga 100 denyut/menit dengan laju di atas 100 denyut/menit dan laju di bawah 60 denyut/menit, masing-masing disebut takikardia dan bradikardia (Sapra *et al.*, 2023).

c. Tujuan

Denyut nadi bisa teratur, tidak teratur, atau tidak teratur secara tidak teratur. Perubahan laju denyut nadi, bersamaan dengan perubahan pernapasan, disebut aritmia sinus. Pada aritmia sinus, laju denyut nadi menjadi lebih cepat selama inspirasi dan melambat selama ekspirasi. Pola tidak teratur secara tidak teratur lebih sering menunjukkan proses seperti flutter atrium atau fibrilasi atrium. Kita juga harus memeriksa denyut nadi radial dan femoral secara bersamaan. Jika ada keterlambatan antara denyut nadi, hal itu dapat mengindikasikan kondisi seperti koarktasi aorta. Menilai volume denyut nadi sama pentingnya. Denyut nadi dengan volume rendah dapat mengindikasikan perfusi jaringan yang tidak memadai; ini dapat menjadi indikator penting untuk prediksi tidak langsung tekanan darah sistolik pasien. Jika kita dapat meraba denyut nadi radial, tekanan darah sistolik umumnya lebih dari 80 mmHg. Jika kita dapat meraba denyut nadi femoralis, tekanan darah sistolik lebih dari 70 mmHg, dan jika kita dapat meraba denyut nadi karotis, tekanan darah sistolik lebih dari 60 mmHg. Memeriksa simetri denyut nadi penting karena denyut nadi

asimetris dapat terlihat pada kondisi seperti diseksi aorta, koarktasi aorta, arteritis Takayasu, dan sindrom pencurian subklavia. Selain parameter yang disebutkan di atas, amplitudo dan laju peningkatan juga merupakan pertimbangan penting. Amplitudo rendah dan laju peningkatan rendah dapat terlihat pada kondisi seperti stenosis aorta, selain keadaan perfusi lemah. Amplitudo tinggi dan peningkatan cepat dapat mengindikasikan kondisi seperti regurgitasi aorta, regurgitasi mitral, dan kardiomiopati hipertrofik (Sapra *et al.*, 2023).

7. Analisis PICOT

P = pasien operasi *craniotomy* elektif di RSUD Provinsi Banten.

I = pemberian agen anestesi Propofol *Continuous Infusion*

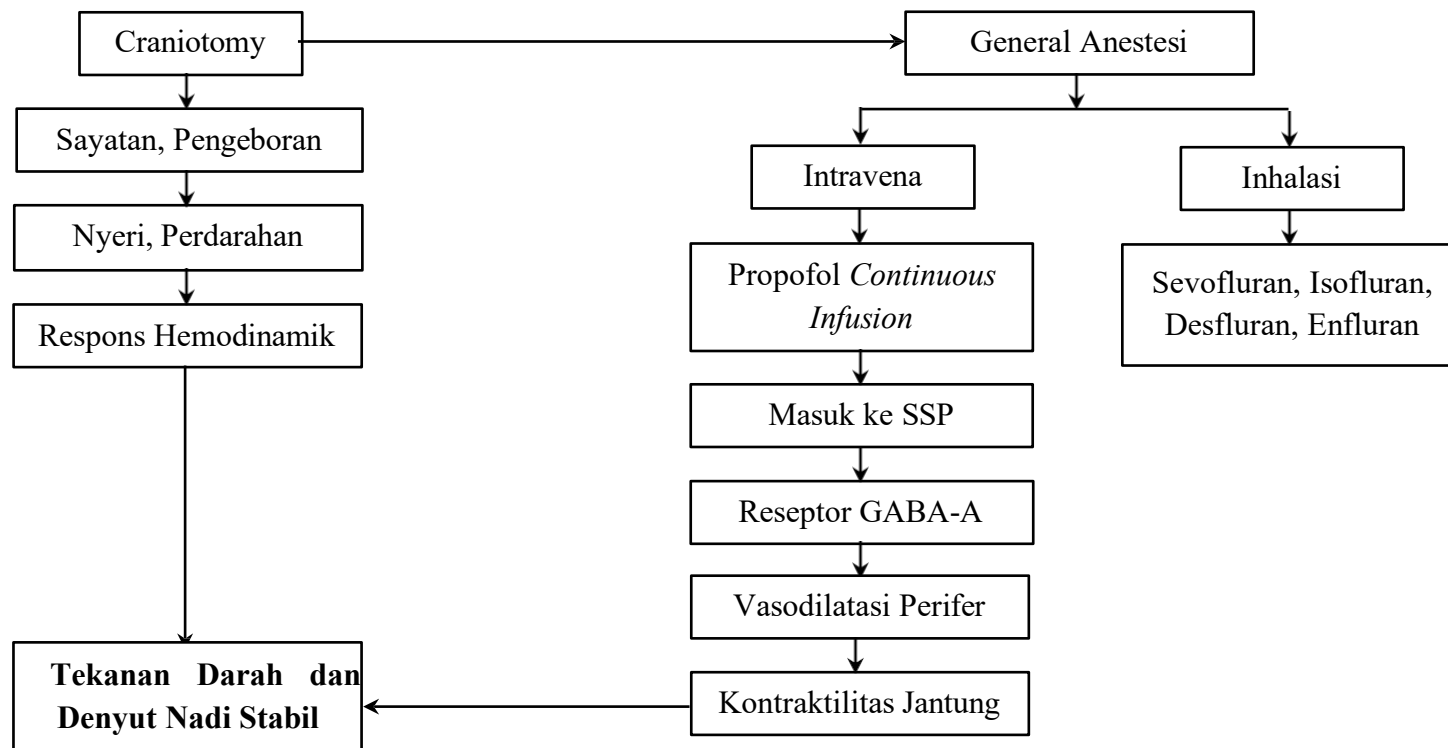
C = pemberian agen anestesi inhalasi *Sevofluran*

O = perubahan hemodinamik intraoperatif yaitu *Mean Arterial Pressure* (MAP) dan Nadi

T = Waktu pengukuran dilakukan secara intraoperatif, yaitu selama berlangsungnya tindakan *craniotomy* elektif.

B. Landasan Teori

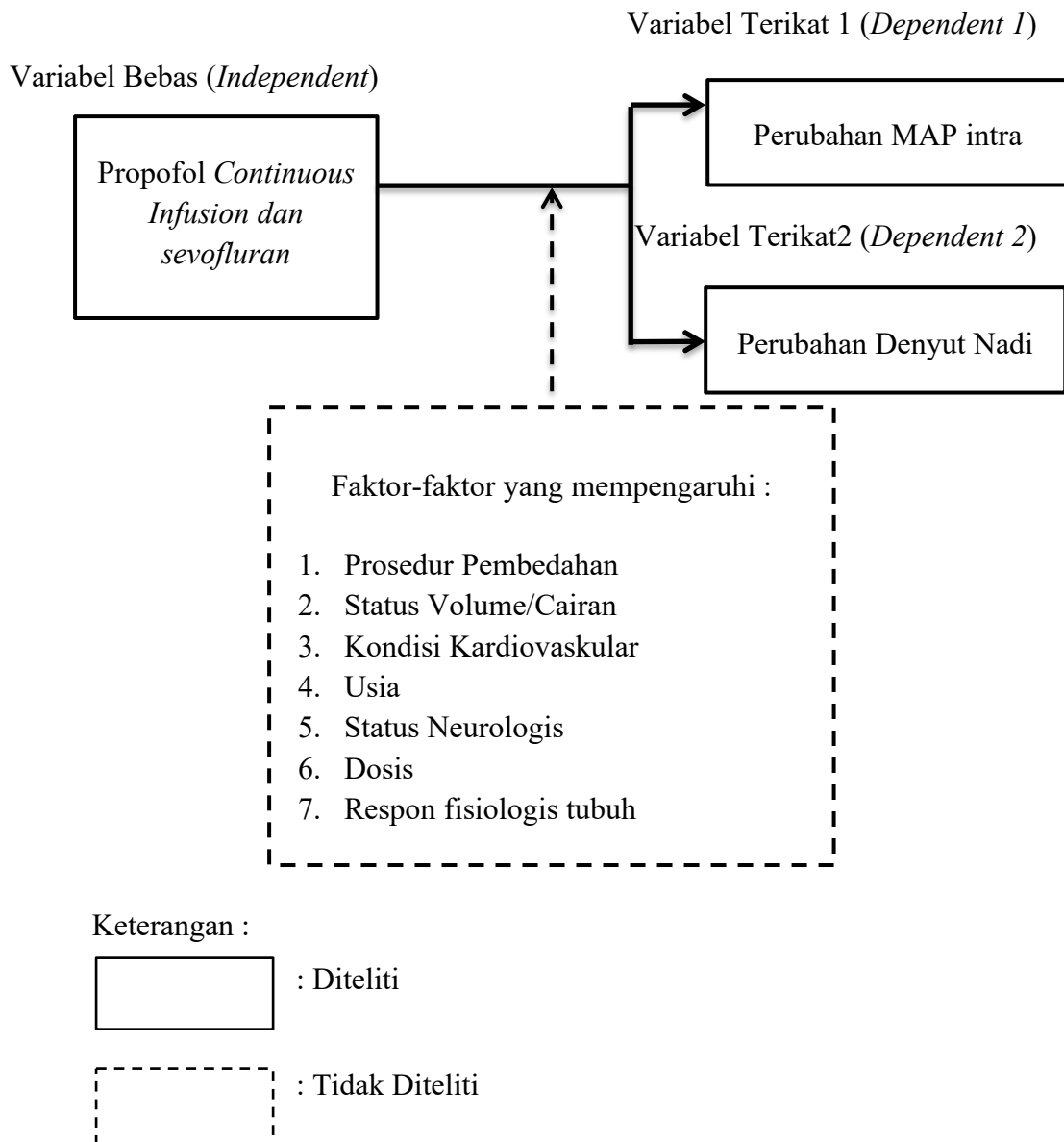
1. Kerangka Teori



Gambar 1. Kerangka Teori

Sumber: (Ghanem *et al.*, 2021; Ibrahim & Al-Zahrani, 2021; Jia *et al.*, 2024; Sivakumar & Prabhu, 2024; Van den Dool *et al.*, 2023)

2. Kerangka Konsep



Gambar 2. Kerangka Konsep

C. Hipotesis

Ha : Ada perbedaan pemberian propofol *continuous infusion* terhadap sevofluran terhadap perubahan MAP dan denyut nadi intraoperatif pada pasien *craniotomy* elektif di RSUD Provinsi Banten.

Ho : Tidak ada perbedaan pemberian propofol *continuous infusion* terhadap sevofluran terhadap perubahan MAP dan denyut nadi intraoperatif pada pasien *craniotomy* elektif di RSUD Provinsi Banten.