

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Teori

1. Konsep ETCO₂

a. Pengertian ETCO₂

Pemantauan *end tidal CO₂* (EtCO₂) adalah teknik non-invasif yang mengukur tekanan parsial atau konsentrasi maksimal karbon dioksida (CO₂) pada akhir nafas yang dihembuskan, yang dinyatakan dalam persentase CO₂ atau mmHg. Nilai normalnya adalah 5% hingga 6% CO₂, yang setara dengan 35-45 mmHg. CO₂ mencerminkan curah jantung (CO) dan aliran darah paru saat gas diangkut oleh sistem vena ke sisi kanan jantung dan kemudian dipompa ke paru-paru melalui ventrikel kanan. Ketika CO₂ berdifusi keluar dari paru-paru menuju udara yang dihembuskan, capnograph akan mengukur tekanan parsial atau konsentrasi maksimal CO₂ pada akhir pernafasan.

b. Pengukuran ETCO₂

Pengukuran ETCO₂ dilakukan dengan menggunakan capnograph. Kapnograf merupakan prosedur non invasif yang digunakan dalam pengukuran konsentrasi karbon dioksida yang dihembuskan pada pasien yang menggunakan alat bantu ventilasi mekanis.

Sinyal inframerah digunakan untuk mendeteksi tingkat karbon dioksida dalam bentuk gelombang dataran tinggi selama akhir pernafasan untuk menangkap gas alveolar. Representasi grafis dari EtCO₂ ditunjukkan pada format gelombang dan dikenal sebagai capnogram

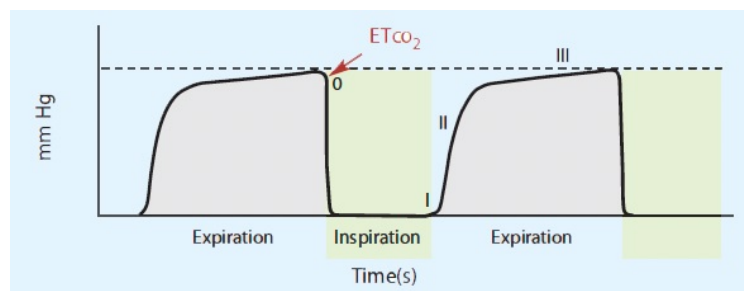
c. Interpretasi Hasil monitoring ETCO₂

Nilai ETco₂ dapat ditampilkan hanya sebagai nilai numerik (kapnometri) atau dengan bentuk gelombang (kapnografi). Menurut Bauman dan Cosgrove (2012) bentuk gelombang, dapat dibedakan menjadi:

1) Berdasarkan waktu (CO₂ seiring waktu)

Segmen ekspirasi dibagi menjadi tiga fase:

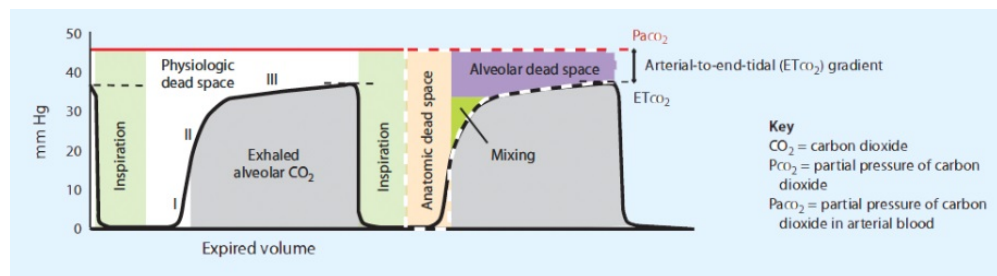
- a) Fase I: awal pernafasan, terutama gas dari ruang mati anatomis yang mengandung sedikit CO₂.
- b) Fase II: pencampuran gas dari ruang mati anatomis dengan gas alveolar, menunjukkan peningkatan pesat pada paru-paru yang sehat
- c) Fase III: dataran tinggi alveolar dengan sedikit peningkatan gas alveolar murni; 15% CO₂ terakhir membutuhkan sekitar 50% dari total waktu fase-III



2) Berdasarkan volume (CO₂ diplot berdasarkan volume tidal yang dihembuskan).

Kapnografi berbasis volume (ekspirasi) menghasilkan bentuk gelombang dengan fase karakteristik yang diplot pada volume

ekspirasi yang didapatkan. Bentuk gelombang CO₂ tergantung pada volume tidal yang dihembuskan memungkinkan penghitungan komponen ruang mati fisiologis (alveolar anatomi tambahan), menambah kedalaman pemantauan ETco₂. Untuk memaksimalkan penerapannya, pembacaan Paco₂ harus diperoleh.



2. Konsep Trauma atau Cedera Kepala

a. Pengertian trauma kepala

Cedera atau trauma kepala cedera mekanik yang secara langsung maupun tidak langsung mengenai kepala yang mengakibatkan luka di kulit kepala, fraktur tulang tengkorak, robekan selaput otak dan kerusakan jaringan otak itu sendiri, serta mengakibatkan gangguan neurologis (Sjahrir, 2012). Trauma kepala merupakan suatu proses terjadinya cedera langsung maupun deselerasi terhadap kepala yang dapat menyebabkan kerusakan tengkorak dan otak (Pierce dan Nail, 2014).

b. Klasifikasi trauma kepala

Berdasarkan Tingkat keparahannya, trauma kepala dapat dibedakan menjadi:

1) Trauma kepala ringan

Dikatakan trauma kepala ringan apabila tidak ada fraktur tengkorak, tidak ada kontusio serebri ataupun hematom, nilai GCS 13-15, dapat terjadi kehilangan kesadaran tapi <30 menit.

2) Trauma kepala sedang

Dikatakan trauma kepala sedang apabila pasien kehilangan kesadaran, mengalami mual muntah, nilai GCS 9-12, dapat mengalami fraktur tengkorak, dan disorientasi ringan (bingung).

3) Trauma kepala berat

Dikatakan trauma kepala berat apabila didapatkan nilai GCS 3-8, hilang kesadaran >24 jam, dan adanya kontusio serebri, laserasi/hematom intracranial.

c. Etiologi

Penyebab trauma kepala menurut Yessie dan Andra (2013), dibedakan menjadi :

1) Trauma tajam

Trauma oleh benda tajam yang dapat menyebabkan cedera setempat dan menimbulkan cedera lokal. Kerusakan local meliputi *contusion serebral*, *hematom serebral*, kerusakan otak sekunder yang disebabkan perluasan masa lesi, pergeseran otak atau hernia.

2) Trauma tumpul

Trauma oleh benda tumpul dapat menyebabkan cedera menyeluruh (difusi), kerusakannya menyebar secara luas dan terjadi dalam 4 bentuk, yaitu cedera akson, kerusakan otak hipoksia,

pembengkakan otak menyebar pada hemisfer serebral, batang otak atau kedua-duanya.

d. Manifestasi klinis trauma kepala

1) Gangguan otak

Terjadinya gangguan otak ditandai dengan tidak sadar 10 menit, jika area yang terkena luas dapat berlangsung >2-3 hari setelah cedera, mual, muntah, pusing, tidak ada tanda defisit neurologis, kontusio serebri, dan amnesia.

2) Perdarahan Epidural

Merupakan suatu akumulasi darah pada ruang tulang tengkorak bagian dalam dan meningen paling luar. Terjadi akibat robekan arteri meningeal. Gejala yang dapat muncul, yaitu penurunan kesadaran ringan, gangguan neurologis dari kacau mental sampai koma, peningkatan TIK yang mengakibatkan gangguan pernafasan, bradikardi, penurunan tanda vital, dan herniasi otak yang menimbulkan dilatasi pupil dan hilangnya reaksi terhadap cahaya (isokor, anisokor, ataupun ptosis).

3) Hematom subdural

Hematom subdural Akut, apabila gejala 24-48 jam setelah cedera. Hal ini perlu intervensi segera. Pada Sub akut gejala terjadi 2 hari sampai 2 minggu setelah trauma. Hematom subdural dikatakan kronis apabila sudah terjadi selama 2 minggu sampai dengan 3-4 bulan setelah terjadinya trauma

4) Hematom intracranial

Merupakan pengumpulan darah >25 ml dalam parenkim otak. Yang disebabkan oleh adanya fraktur depresi tulang tengkorak, cedera penetrasi peluru, atau gerakan akselerasi-deselerasi yang tiba-tiba.

5) Fraktur tengkorak

e. Komplikasi Trauma Kepala

Beberapa komplikasi akibat trauma kepala (Andra dan Yessie, 2013):

- 1) Epilepsi pasca cedera
- 2) Afasia
- 3) Apraksia
- 4) Agnosis
- 5) Amnesia
- 6) Fistel karotis-kavernosus
- 7) Diabetes insipidus
- 8) Kejang pasca trauma
- 9) Edema serebral dan herniasi
- 10) Defisit neurologis dan psikologis

f. Neurofisiologi

1) Tekanan intra kranial

Diruang intrakranial terdapat 3 komponen yaitu: Isi tengkorak terdiri dari jaringan otak (86%), darah (4%) dan cairan serebrospinal (10%). Cairan serebrospinal dibentuk dengan kecepatan konstan, 80% atau lebih dibuat di pleksus koroideus,

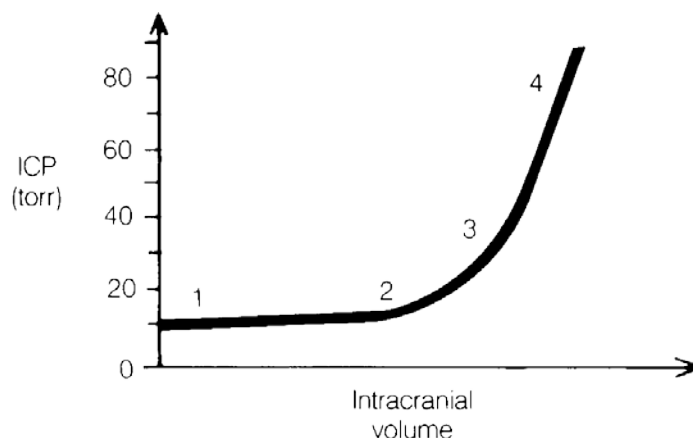
sisanya dibuat di parenkim otak. Fungsi cairan serebrospinal adalah untuk proteksi, sokongan dan regulasi kimia otak.

Tabel 1. Tekanan dan Volume CSF pada manusia

	Rentang
Tekanan CSF (mmHg)	
Anak	3,0-7,5
Dewasa	4,5-13,5
Volume CSF (mL)	
Infant	40-60
Anak kecil	60-100
Anak yang lebih tua	80-120
Dewasa	100-160

Produksi cairan serebrospinal kira-kira 0,35-0,4 ml/menit atau 30 ml/jam atau 500-600ml/hari. Absopsinya bergantung pada perbedaan tekanan cairan serebrospinal dan vena. Absorpsi tersebut terjadi melalui vili khorialis. Beberapa obat anestesi mempengaruhi produksi dan absorpsi cairan serebrospinal. Adanya darah pada cairan serebrospinal dapat menyumbat granulasio-arachnoid sehingga mengganggu absorpsi cairan serebrospinal dan menyebabkan terjadinya hidrosefalus. Volume dan tekanan cairan serebrospinal berbeda pada anak dan dewasa. Tekanan intrakranial normal 5-15 mmHg. Tekanan ini tidak selalu konstan bergantung pada pulsasi arteri, respirasi, dan batuk. Peningkatan volume salah satu komponen (otak, darah, atau cairan serebrospinal) akan dikompensasi dengan penurunan volume komponen yang lainnya. Volume intrakranial selalu konstan. Bila volume bertambah, misalnya karena ada hematoma intrakranial, maka untuk mengurangi volume, cairan serebrospinal, dan darah juga akan

berkurang, keluar dari ruangan intrakranial sehingga tekanan intrakranial akan tetap normal. Bila batas kompensasi dilewati, tekanan intrakranial akan meningkat.



Gambar 1. Hubungan Volume dan Tekanan Intrakranial

Bila tekanan intrakranial meningkat dengan cepat, terjadi perubahan sistemik seperti hipertensi, hipotensi, takikardia, bradikardia, perubahan irama jantung, perubahan EKG, gangguan elektrolit, hipoksia, dan *Neurogenic Pulmonary Edema* (NPE). Cushing menuliskan adanya Trias Cushing pada pasien dengan kenaikan tekanan intrakranial. Trias itu terdiri atas hipertensi, bradikardia dan melambatnya respirasi. Peningkatan tekanan darah ini merupakan mekanisme untuk mempertahankan aliran darah otak yang terjadi akibat peningkatan kadar adrenalin, nor-adrenalin, dopamine dalam sirkulasi. Peningkatan tekanan intrakranial, selain dihubungkan dengan peningkatan mortalitas, juga bila pasien bertahan hidup, keadaan neuropsikologis sering lebih buruk dari pada penderita tanpa kenaikan tekanan intrakranial. Pada keadaan tekanan intrakranial yang meningkat

bisa terjadi spasme arteri serebral, yang bisa menimbulkan serebral iskemia dan serebral infark. Pada cedera kepala berat bisa terjadi laktik asidosis cairan serebrospinal, yang juga akan meningkatkan tekanan intrakranial (Bisri DY, Tatang, 2019).

2) Aliran darah otak

Aliran darah otak (CBF) berubah kira-kira 4% (0,95-1,75 ml/100 gr/menit) setiap mmHg perubahan PaCO₂ antara 25-80 mmHg. Jadi, jika dibandingkan dengan keadaan normokapni, aliran darah otak dua kali lipat pada PaCO₂ 80 mmHg dan setengahnya pada PaCO₂ 20 mmHg. Karena hanya sedikit perubahan aliran darah otak pada PaCO₂ < 25 mmHg, malahan bisa terjadi serebral iskemia akibat perubahan biokimia, maka harus dihindari hiperventilasi yang berlebihan. Pada operasi tumor otak dipasang pemantau kapnogram untuk mengukur *end Tidal* CO₂, umumnya dipertahankan *end Tidal* CO₂, 25-30 mmHg yang setara dengan PaCO₂ 29-34 mmHg, tetapi pada cedera kepala akut PaCO₂ jangan ≤ 35 mmHg (Bisri DY, Tatang, 2019).

Mengapa Penilaian PaCO₂ perlu sesering mungkin? Aliran darah otak (cerebral blood flow/CBF) diatur terutama oleh autoregulasi, PaCO₂ dan PaO₂. Normal CBF adalah 50-54 mL/100 gr jaringan/menit dan setiap perubahan 1 mmHg PaCO₂ CBF berubah 4%. Pada BTF Guideline 2016 disebutkan bahwa sampai 4 jam setelah cedera otak traumatik berat, CBF menurun 50% dari nilai normal dan mencapai 80% nilai normal pada akhir 24–72 jam,

oleh karena itu, hiperventilasi adalah kontraindikasi untuk 24 jam pertama setelah TBI. Pada Miller Anesthesia 2020 disebutkan bahwa targetnya adalah normocapnia, PaCO₂ 35-40 mmHg, hipercapnia akan meningkatkan CBF dan menghilangkan kurve autoregulasi sedangkan hipocapnia memelihara kurve autoregulasi dengan menurunkan CBF. Aliran darah otak terutama diatur oleh Autoregulasi, PaCO₂, PaO₂.

a) Autoregulasi

Aliran darah otak dipertahankan konstan pada MAP 50-150 mmHg. Bila aliran darah otak sangat berkurang (MAP < 50 mmHg) bisa terjadi serebral iskemia. Jika di atas batas normal (MAP > 150 mmHg), tekanan akan merusak daya konstiksi pembuluh darah dan aliran darah otak akan naik secara tiba-tiba. sehingga, terjadilah kerusakan sawar darah otak, yang dapat menimbulkan terjadinya edema serebral dan perdarahan otak. Berbagai keadaan dapat merubah batas autoregulasi misalnya hipertensi kronis. Pada hipertensi kronis, autoregulasi bergeser ke kanan sehingga sudah terjadi serebral iskemia pada tekanan darah yang dianggap normal pada orang sehat. Autoregulasi dapat hilang atau terganggu pada keadaan serebral iskemia, serebral infark, trauma kepala, hipoksia, abses otak, diabetes, hiperkarbi berat, edema sekeliling tumor otak, perdarahan subaraknoid, aterosklerosis serebrovaskuler. Obat anestesi inhalasi juga

mengganggu autoregulasi. Karena pada cedera kepala autoregulasi terganggu, adanya hipotensi yang tiba-tiba bisa menimbulkan cedera otak sekunder. Saat pemberian anestesi supaya efek autoregulasi tetap ada, maka harus dipertimbangkan penggunaan obat anestesi yang akan tetap mempertahankan autoregulasi selama pemberian anestesi (Bisri DY, Bisri T, 2019).

b) PaCO₂

Aliran darah otak berubah kira-kira 4% (0,95-1,75 ml/100 gr/menit) setiap mmHg perubahan PaCO₂ antara 25-80 mmHg. Jadi, jika dibandingkan dengan keadaan normokapni, aliran darah otak dua kali lipat pada PaCO₂ 80 mmHg dan setengahnya pada PaCO₂ 20 mmHg (gambar 2). Karena hanya sedikit perubahan aliran darah otak pada PaCO₂ < 25 mmHg, malahan bisa terjadi serebral iskemia akibat perubahan biokimia, maka harus dihindari hiperventilasi yang berlebihan. Pada operasi tumor otak dipasang pemantau kapnogram untuk mengukur *end Tidal* CO₂, umumnya dipertahankan *end Tidal* CO₂, 25-30 mmHg yang setara dengan PaCO₂ 29-34 mmHg, tetapi pada cedera kepala akut PaCO₂ jangan ≤ 35 mmHg (Bisri DY, Bisri T, 2019).

c) PaO₂

Bila PaO₂<50 mmHg, akan terjadi serebral vasodilatasi dan aliran darah otak akan meningkat. Suatu peningkatan

PaO_2 , hanya sedikit pengaruhnya terhadap resistensi pembuluh darah serebral. Pada binatang percobaan bila $\text{PaO}_2 > 450$ mmHg terjadi sedikit penurunan aliran darah otak walaupun tidak nyata. Akan tetapi, pada manusia selama operasi otak PaO_2 jangan melebihi 200mmHg. Dasar neuroanestesi adalah pengertian tentang aliran darah otak. Aliran darah otak dipertahankan kira-kira 50-54 ml/100 gr jaringan/menit. Faktor utama yang mengendalukannya adalah autoregulasi, PaCO_2 , dan PaO_2 . Aliran darah otak tetap konstan 50-54 ml/100 gr jaringan/menit pada tekanan arteri rerata 50-150 mmHg karena pembuluh darah akan berkonstriksi dan berdilatasi. Bila tekanan arteri rerata < 50 mmHg terjadi penurunan aliran darah otak dan kalau makin menurun terjadi iskemia dan infark otak. Peningkatan tekanan arteri rerata > 150 mmHg akan menyebabkan hilangnya kemampuan vasokonstriksi dan terjadi kerusakan BBB dan dapat terjadi edema otak dan perdarahan otak. Perubahan 1 mmHg PaCO_2 dari 24-80 mmHg akan merubah aliran darah otak sebesar 4% (kira-kira 1,75 ml/100g/menit), hiperkarbia akan menyebabkan serebral vasodilatasi dan hipokarbia akan menimbulkan serebral vasokonstriksi. Adanya hipoksia ($\text{PaO}_2 < 60$ mmHg) akan meningkatkan aliran darah otak. Peningkatan aliran darah otak ini akan menyebabkan edema otak dan peningkatan tekanan intrakranial. Hal lain yang mempengaruhi aliran darah

otak adalah simpatis- parasimpatis, hematokrit, suhu (Bisri DY, Bisri T, 2019).

3) Metabolisme otak

Berat otak hanya 2-3% berat badan. Pada istirahat otak mengkonsumsi 20% oksigen yang diambil. *Basal metabolic rate* untuk oksigen adalah 3,3 ml/100gr/menit dan untuk glukosa 4,5mg/100gr/menit. Keadaan ini relatif konstan pada saat tidur dan bangun, otak memerlukan pasokan substrat yang konstan karena metabolismenya yang tinggi. Aliran darah otak dan *Cerebral Metabolic Rate* (CMR) berlangsung bersama-sama. Peningkatan metabolisme akan meningkatkan aliran darah otak. Obat anestesi inhalasi menyebabkan peningkatan aliran darah otak dan penurunan CMRO₂. Dari semua obat anestesi inhalasi, isoflurane merupakan serebral *metabolic depressant* yang paling kuat, dan menurunkan 50% CMRO₂ pada konsentrasi *end-tidal* isoflurane 2,5%. Semua obat anestesi intravena (kecuali ketamin) menurunkan CMRO₂. Barbiturat menurunkan CMRO₂ dan aliran darah otak paling kuat (Bisri DY, Bisri T, 2019).

4) Karbon dioksida

Karbon dioksida adalah vasodilator, dan rendahnya karbon dioksida dapat menyebabkan vasokonstriksi serebral. Pada orang sehat, karbon dioksida dipertahankan dalam kisaran sempit (35–45 mmHg) melalui mekanisme fisiologis. Tekanan parsial karbon dioksida (PaCO₂) mewakili keseimbangan antara produksi dan

eliminasi karbon dioksida. Peran hipokapnia (tekanan parsial karbon dioksida <35 mmHg) dan hiperkapnia (tekanan parsial karbon dioksida > 45 mmHg) Secara historis, hipokapnia yang diinduksi telah digunakan untuk mengobati peningkatan ICP yang sering terlihat pada pasien dengan cedera otak. Pada temuan ini, hipokapnia masih dikaitkan dengan hasil klinis yang dapat merugikan dalam berbagai kasus cedera otak. Penghambatan aliran darah otak (CBF) dapat memperburuk iskemia selama cedera otak akut dan bahkan dapat menyebabkan infark jaringan otak yang ireversibel, namun hipokapnia sering digunakan untuk mengontrol ICP. Tingkat karbon dioksida (PaCO_2) arteri dipertahankan melalui keseimbangan antara produksi dan eliminasi karbon dioksida. Dalam keadaan fisiologis, PaCO_2 yang rendah biasanya disebabkan oleh peningkatan laju eliminasi karbon dioksida melalui peningkatan ventilasi menit alveolar dengan hiperventilasi. Penurunan PaCO_2 dapat menyebabkan vasokonstriksi arteri serebral, sehingga dapat menurunkan ICP, serta dapat menurunkan aliran darah otak. Bagi pasien dengan peningkatan ICP ini, target yang masuk akal adalah PaCO_2 yang rendah dan normal (misalnya 35-40 mmHg). Tingkat karbon dioksida harus dipantau secara hati-hati, biasanya menggunakan kombinasi pemantauan CO_2 end tidal dengan pengukuran gas darah intermiten sesuai kebutuhan (Res Gas Medis,2020).

3. Konsep Kraniotomi

a. Pengertian Kraniotomi

Kraniotomi adalah operasi untuk membuka kepala untuk mengekspos otak. Kata *craniotomy* berarti membuat lubang (-otomi) di tengkorak (*cranium*) (Brain and Spain Foundation, 2013). Istilah kraniotomi secara luas merupakan pengangkatan pada bagian tengkorak secara bedah untuk mengakses kompartemen intrakranial (Hanft et al, 2017). Kraniotomi adalah suatu tindakan pembedahan yang dilakukan dengan membuka tulang tengkorak untuk memberikan akses secara langsung ke otak (Tanriono, 2017).

Tindakan kraniotomi merupakan pembukaan tengkorak melalui operasi yang bertujuan untuk meningkatkan akses pada struktur intrakranial. Pembedahan tulang dibuat ke dalam tulang tengkorak dan akan dilakukan pemasangan kembali setelah tindakan pembedahan, dan ditempatkan dengan jahitan periosteal atau kawat. Terdapat dua pendekatan yang digunakan yaitu kraniotomi supratentorial dan fossa posterior. Kraniotomi supratentorial di atas tentorium ke dalam kompartemen supratentorial dan fossa posterior (Smelstzer dan Bare, 2002).

b. Indikasi Kraniotomi

Indikasi tindakan kraniotomi atau pembedahan intrakranial menurut Urden et all (2014) yaitu :

- 1) Sebagai intervensi untuk mengangkat jaringan abnormal, baik tumor maupun kanker.

- 2) Mengurangi tekanan intracranial
- 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.

c. Kontra Indikasi

Kondisi yang meningkatkan risiko yang terkait dengan kraniotomi menurut Hanft et al (2017) yaitu :

- 1) Usia lanjut
- 2) Status fungsional buruk
- 3) Penyakit kardiopulmoner berat.
- 4) Kegagalan sistemik yang parah (misalnya, sepsis, kegagalan multiorgan) dan membutuhkan dukungan perawatan intensif.

d. Tipe-Tipe Kraniotomi

Menurut Hanft et al (2015) dalam Medscape Tipe-tipe kraniotomi berdasarkan letak insisi sebagai berikut :

1) *Pterional dan Frontotemporal Craniotomy*

Kraniotomi pteriotemporal atau juga disebut sebagai frontotemporal, atau frontotemporal sphenoidal kraniotomi adalah salah satu pendekatan bedah saraf yang paling banyak digunakan. Pembedahan ini memfasilitasi eksposur frontobasal secara luas, sementara secara bersamaan meminimalkan retraksi otak,

memberikan akses ke beberapa ruang intrakranial penting, termasuk anterior dan fossa tengah, Sylvian fisura, waduk basal, ruang supraseller, dan sinus kavernosus. Dengan fleksibilitas ini, dapat digunakan untuk mengobati berbagai patologi seperti pada aneurysm cerebral.

2) *Frontal Craniotomy* (Unilateral atau Bilateral)

Kraniotomi frontal memberikan akses ke anterior fossa kranial, atap orbital pada kedua sisi dan bagian anterior kiasma optik.

3) *Temporal Craniotomy*

Kraniotomi jenis ini memberikan akses pada daerah temporal.

4) *Suboccipital Craniotomy/Craniectomy*

Kraniektomi atau pengangkatan flap tulang adalah prosedur bedah sistem saraf untuk melepaskan tekanan pada otak dengan mengangkat bagian tengkorak. Prosedur ini seringkali dilakukan sebagai upaya penyelamatan nyawa pasien yang mengalami cedera otak traumatik yang menyebabkan pembengkakan besar atau perdarahan disekitar otak, sehingga beresiko tinggi mengalami kematian dan kompresi atau pergeseran batang otak sehingga flap tulang tidak dikembalikan lagi atau diganti ketika sudah tidak terjadi pembengkakan otak. Kraniektomi biasanya dilakukan pada daerah suboksipital.

4. Konsep Anestesi

a. Pengertian Anestesi

Anestesi artinya pembiusan; berasal dari bahasa Yunani an-"tidak, tanpa" dan aesthētos, "persepsi, kemampuan untuk merasa", yang memiliki arti suatu tindakan menghilangkan rasa sakit ketika melakukan pembedahan dan berbagai prosedur lainnya yang menimbulkan rasa sakit pada tubuh. Istilah anestesi pertama kali digunakan oleh Oliver Wendel Holmes Sr pada tahun 1846.

Anestesi merupakan suatu tindakan untuk menghilangkan rasa sakit Ketika dilakukan pembedahan dan berbagai prosedur yang menimbulkan rasa sakit, dalam hal ini rasa takut perlu ikut dihilangkan untuk menciptakan kondisi optimal bagi pelaksanaan pembedahan (Sabiston, 2011). Anestesi merupakan cabang ilmu kedokteran yang mempelajari tata laksana untuk me "matikan" rasa, baik rasa nyeri, takut dan rasa tidak nyaman sehingga pasien merasa nyaman, dan ilmu ini juga mempelajari tata laksana untuk menjaga/ mempertahankan hidup dan kehidupan pasien selama mengalami "kematian" yang diakibatkan obat bius atau obat anestesia (Mangku, 2010).

b. General Anestesi

General anestesi atau anestesi umum merupakan tindakan menghilangkan rasa sakit secara sentral disertai hilangnya kesadaran (*reversible*). Tindakan general anestesi terdapat beberapa teknik yang dapat dilakukan adalah general anestesi dengan teknik intravena anestesi dan general anestesi dengan inhalasi yaitu dengan *face mask*

(sungkup muka) dan dengan teknik intubasi yaitu pemasangan endotracheal tube atau gabungan keduanya inhalasi dan intravena (Latief, 2007).

Tujuan general anestesi adalah tercapainya kondisi analgesia, kondisi hilangnya persepsi nyeri, ketidaksadaran, atau kondisi hilangnya kesadaran seseorang terhadap lingkungannya dan amnesia atau kondisi ketidakmampuan untuk mengingat kembali apa yang terjadi (Karch, 2011).

c. Teknik General Anestesi

General anestesi menurut Mangku dan Senapathi (2010), dapat dilakukan dengan 3 teknik, yaitu:

1) General Anestesi Intravena

Teknik general anestesi yang dilakukan dengan menyuntikkan obat anestesi parenteral secara langsung ke dalam pembuluh darah vena.

2) General Anestesi Inhalasi

Teknik general anestesi yang dilakukan dengan jalan memberikan kombinasi obat anestesi inhalasi berupa gas dan atau cairan yang mudah menguap melalui alat atau mesin anestesi langsung ke udara inspirasi.

3) Anestesi Imbang

Merupakan teknik anestesi dengan menggunakan kombinasi obat-obatan baik obat anestesi intravena maupun obat anestesi inhalasi atau kombinasi teknik general anestesi dengan analgesia regional untuk mencapai trias anestesi secara optimal dan berimbang, yaitu:

- a) Efek hipnosis, diperoleh dengan menggunakan obat hipnotik atau obat anestesi umum yang lain.
 - b) Efek analgesia, diperoleh dengan cara menggunakan obat analgetik opiat atau obat general anestesi atau dengan cara analgesia regional.
 - c) Efek relaksasi, diperoleh dengan cara menggunakan obat pelumpuh otot atau general anestesi, atau dengan cara analgesia
- d. Neuroanestesi

J.E. Cotrell dalam anestesia for Neurosurgery (1994) mengatakan bahwa dengan ditemukannya alat diagnostik baru, alat monitoring baru, dan obat anestesi baru serta pengertian yang baru mengenai obat yang biasa dipakai akan memperbaiki hasil operasi pada pasien dengan kelainan intrakranial. Sasaran anestesi dalam bedah saraf adalah mengendalikan tekanan intra kranial dan volume otak, melindungi jaringan saraf dari iskemia dan cedera, mengurangi perdarahan (Nancye Edward, 1991).

- e. Prinsip ABCDE Neuroanestesi
- a) *Airway* : Jalan nafas harus bebas sepanjang waktu.
 - b) *Breathing* : Ventilasi kendali dengan PaCO₂ normokapnia (pada trauma) dan sedikit hipokapnia (EtCO₂ 25-30) pada tumor, PaO₂ 100 -200 mmHg.
 - c) *Circulation* : Hindari lonjakan tekanan darah (normotensi), cairan isoosmoler, normovolemia, tidak ada gangguan drainase vena serebral.

- d) *Drugs* : Hindari penggunaan obat dan teknik yang meningkatkan tekanan intra kranial, dan pemberian obat untuk proteksi obat.
- e) *Environment* : Pertahankan suhu ruangan permisif hipotermi di OK 35 °C dan di ICU 35 - 36 °C

B. Hasil Review Literatur

Tabel 2. Hasil Review Literatur

No	Judul, Penulis, dan Tahun	Problem / Population	Intervention	Comparison	Outcome
1	Correlation between End Tidal Carbondioxide Pressure and Arterial Carbondioxide Partial Pressure in Patients Undergoing Craniotomy Penulis : Meena M. Pimpare Devanand B. Deosarkar Tahun 2017	Mengetahui hubungan antara arterial CO2 dan end tidal CO2 pada pasien yang menjalani operasi craniotomi	Pengukuran CO2 melalui pemeriksaan gas darah arteri dan monitoring ETCO2 dengan capnometer. Pengukuran dilakukan pada awal operasi dan diulang setiap 1 jam sampai operasi selesai	Pemeriksaan CO2 melalui gas darah arterial dibandingkan dengan ETCO2 pada capnometer	Terdapat hubungan yang signifikan antara PaCO2 dan ETCO2 selama operasi craniotomi dengan anestesi umum. ETCO2 menunjukkan gambaran yang sesuai dengan kadar CO2 arterial pada pasien yang menjalani craniotomi
2	A study of partial pressure of arterial carbon dioxide and end-tidal carbon dioxide correlation in intraoperative and	Mengetahui hubungan antara arterial CO2 dan end tidal CO2 pada pasien yang menjalani operasi craniotomi. Mengetahui	Pengukuran CO2 melalui pemeriksaan gas darah arteri dan monitoring ETCO2 dengan capnometer. Pengukuran	Pemeriksaan CO2 melalui gas darah arterial dibandingkan dengan ETCO2 pada capnometer	ETCO2 menunjukkan gambaran yang sesuai dengan kadar CO2 arterial pada pasien yang menjalani craniotomi dan postoperasi di

No	Judul, Penulis, dan Tahun	Problem / Population	Intervention	Comparation	Outcome
	<p>postoperative period in neurosurgical patients</p> <p>Penulis: Pallavi Gaur, Minal Harde, Pinakin Gujjar, Devanand Deosarkar, Rakesh Bhadade</p> <p>Tahun 2017</p>	<p>hubungan antara arterial CO₂ dan end tidal CO₂ pada pasien dengan ventilasi mekanik setelah post operasi di ruang post anaesthesia care unit (PACU)</p>	<p>dilakukan pada awal operasi dan diulang setiap 1 jam sampai operasi selesai.</p> <p>Pengukuran CO₂ melalui pemeriksaan gas darah arteri dan monitoring ETCO₂ dengan capnometer di PACU dilakukan setelah stabilisasi pasien dan diulang setiap 6 jam</p>		PACU
3	<p>Effect of Intraoperative Target Control End Tidal CO₂ on Postoperative Recovery in Neurosurgical procedures; a Randomized Control Trial</p> <p>Penulis: Varun Kumar Varshney1, Shahla Haleem, Muazzam Hasan, Nigar Bari, Nida Fatima</p> <p>Tahun 2016</p>	<p>Mengevaluasi dampak dari 2 rentang ETCO₂ dengan 2 mode ventilasi (hiperventilasi dan euventilasi) terhadap hasil peri operatif dan pemulihan kognitif</p>	<p>Kelompok A : Pemberian euventilasi (ETCO₂ dipertahankan pada rentang 34±mmHg)</p> <p>Kelompok B : Pemberian Hiperventilasi (ETCO₂ dipertahankan pada rentang 26±mmHg)</p>	<p>Perbandingan Pemberian euventilasi (ETCO₂ dipertahankan pada rentang 34±mmHg) dibandingkan dengan : Pemberian Hiperventilasi (ETCO₂ dipertahankan pada rentang 26±mmHg)</p>	<p>Dengan mempertahankan euventilasi dan normo karbi berhubungan dengan kembalinya fungsi kognitif secara cepat setelah ekstubasi</p>

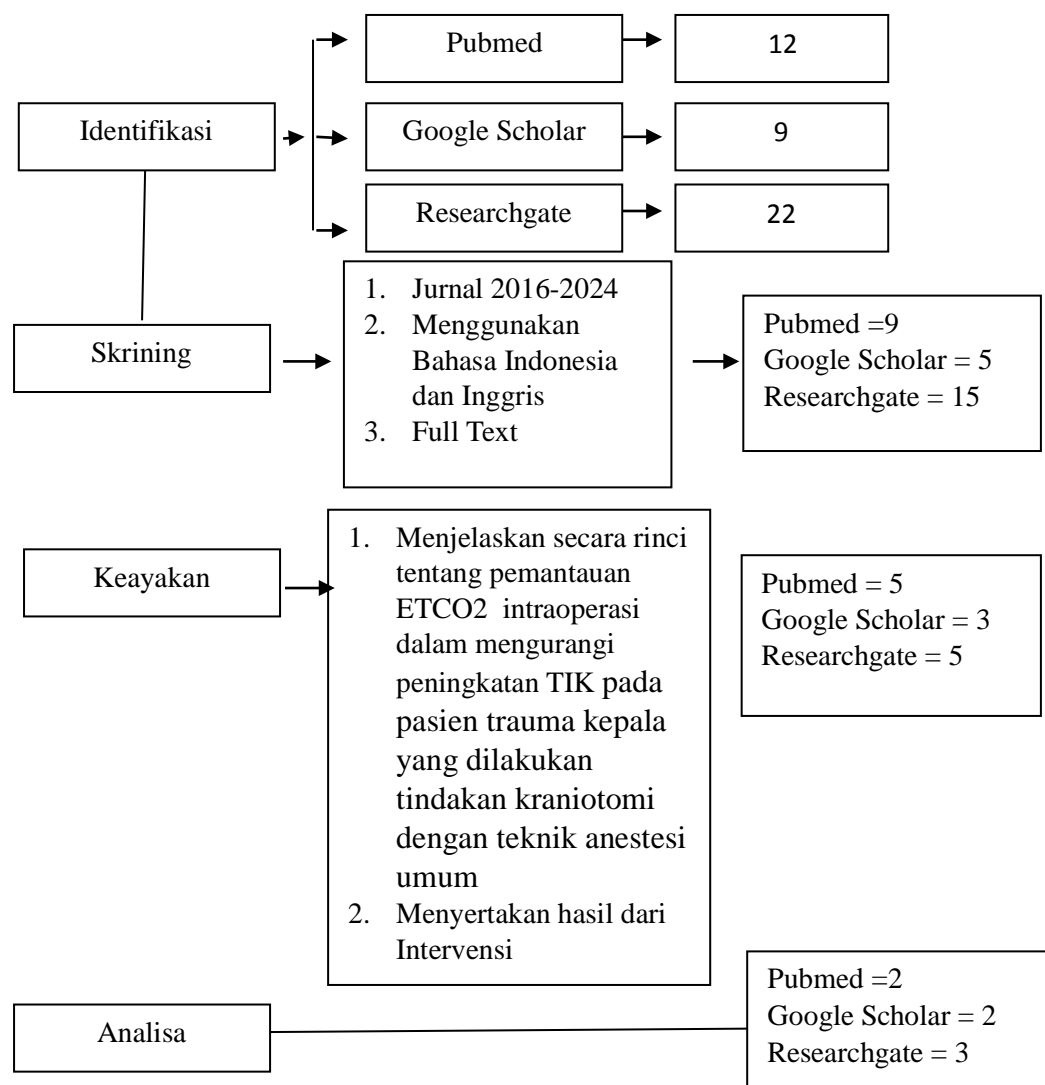
No	Judul, Penulis, dan Tahun	Problem / Population	Intervention	Comparation	Outcome
4	The role of carbon dioxide in acute brain injury Penulis : Ru-Ming Deng, Yong-Chun Liu, Jin-Quan Li, Jian-Guo Xu, dan Gang Chen Tahun 2020	Mengetahui dampak hipokapnia dan hiperkapnia pada pasien stroke dan trauma otak	Pengaturan kadar ETCO ₂ secara Hipokapnia (tekanan parsial karbon dioksida <35 mmHg) dan hiperkapnia (tekanan parsial karbon dioksida > 45 mmHg)	Perbandingan intervensi Hipokapnia (tekanan parsial karbon dioksida <35 mmHg) dan intervensi hiperkapnia (tekanan parsial karbon dioksida > 45 mmHg)	hipokapnia dan hiperkapnia berat memperburuk cedera otak, sedangkan hiperkapnia ringan memiliki efek perlindungan. Penelitian saat ini menunjukkan bahwa perlakuan hiperkapnia saat diperlukan memiliki efek terapeutik yang baik pada iskemia serebral.
5	Hyperventilation in neurological patients: from physiology to outcome evidence Penulis : Zhong Zhang, Qulian Guo, dan E Wang Tahun 2019	Mengetahui dampak fisiologis dan hasil terkait pemberian hiperventilasi pada pasien neurologis.	Pemberian hiperventilasi (PaCO ₂ 25 mmHg) pada pasien yang menjalani operasi tumor otak supratentorial	Tidak ada intervensi dan kelompok pembandingan	hiperventilasi menurunkan ICP dari 16 menjadi 12 mmHg, menurunkan risiko peningkatan massa otak sebesar 45%, dan meningkatkan relaksasi otak

Pencarian menggunakan jurnal nasional dan internasional yang telah terpublikasi. Pencarian jurnal dibatasi dengan tahun publikasi antara tahun 2016-2024. Pencarian jurnal dilakukan pada 3 database, yaitu Pubmed, researchgate, dan google scholar. Pencarian artikel atau jurnal menggunakan *keyword* dan *Boolean term (AND dan OR)* yang digunakan untuk memperluas atau menspesifikkan pencarian, sehingga mempermudah dalam pencarian artikel. Kata kunci dalam *review* ini disesuaikan dengan *Medical Subject*

Heading (MeSH) dengan main heading : ETCO₂, end tidal CO₂, capnograph, monitoring, peningkatan tekanan intracranial (TIK) dan craniotomy.

Hasil pencarian melalui Pubmed dilakukan penyeleksian artikel pada hasil penelitian yang tidak relevan dengan topik pada TAN ini dan kesamaan artikel sehingga perlu diseleksi dari 12 artikel yang tersisa, kemudian diambil 2 artikel yang sesuai. Penelusuran melalui *Google Scholar* didapatkan 9 artikel dan diambil 2 artikel yang sesuai dengan intervensi. Penelusuran lainnya melalui *researchgate* didapatkan 22 artikel dan diambil 3 artikel yang sesuai dengan intervensi. Penulis melakukan skrining berdasarkan judul jurnal, tahun terpublikasi, *full text*, serta intervensi yang diberikan.

Hasil pencarian jurnal dalam TAN ini dapat digambarkan dalam bagan, sebagai berikut:



Gambar 2. Bagan Hasil Review Jurnal

C. Konsep Asuhan Keperawatan Anestesi

1. Pengkajian Kepenataan Anestesi

a. Data Subjektif

Data subjektif adalah informasi yang diperoleh dari pasien atau individu yang didasarkan pada laporan, pengamatan, atau pengalaman langsung dari pasien, yang mencakup perasaan, sensasi, keluhan atau pendapat mereka sendiri tentang kondisi kesehatannya (ASKAN, 2023)

History taking bisa dimulai dengan menanyakan adakah

riwayat alergi terhadap makanan, obat-obatan dan suhu, alergi (manifestasi dispneu atau *skin rash*) harus dibedakan dengan intoleransi (biasanya manifestasi gastrointestinal). Riwayat penyakit sekarang dan dahulu juga harus digali begitu juga riwayat pengobatan (termasuk obat herbal), karena adanya potensi terjadi interaksi obat dengan agen anestesi. Riwayat operasi dan anestesi sebelumnya bisa menunjukkan komplikasi anestesi bila ada. Pertanyaan tentang review sistem organ juga penting untuk mengidentifikasi penyakit atau masalah medis lain yang belum terdiagnosis.

b. Data Objektif

Data objektif adalah informasi yang dapat diukur, diamati, atau diverifikasi secara objektif yang didasarkan pada pengamatan langsung, pemeriksaan fisik, analisa pemeriksaan, diagnostik, klasifikasi ASA dan pertimbangan anestesi, yang hasil pengukurannya diperoleh melalui instrumen atau alat yang digunakan (ASKAN, 2023).

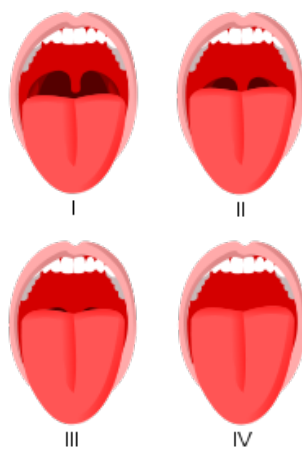
1) Pemeriksaan fisik

Pemeriksaan fisik dan *history taking* melengkapi satu sama lain. Pemeriksaan yang dilakukan pada pasien yang sehat dan asimtomatik setidaknya meliputi tanda-tanda vital (tekanan darah, nadi, *respiratory rate*, suhu) dan pemeriksaan *airway*, jantung, paru-paru, dan sistem muskuloskeletal. Pemeriksaan neurologis juga penting terutama pada anestesi regional sehingga bisa diketahui bila ada defisit neurologis sebelum dilakukan anestesi regional. Pentingnya pemeriksaan *airway* tidak boleh diremehkan.

Pemeriksaan gigi geligi, tindakan buka mulut, lidah relatif besar, leher pendek dan kaku sangat penting untuk diketahui apakah akan menyulitkan dalam melakukan intubasi. Kesesuaian masker untuk anestesi yang jelek harus sudah diperkirakan pada pasien dengan abnormalitas wajah yang signifikan. Mikrognatia (jarak pendek antara dagu dengan tulang hyoid), incisivus bawah yang besar, makroglosia, *Range of Motion* yang terbatas dari *Temporomandibular Joint* atau vertebrae servikal, leher yang pendek mengindikasikan bisa terjadi kesulitan untuk dilakukan intubasi trakeal.

Skor Mallampati

- a) Terlihat tonsil, uvula, dan palatum mole secara keseluruhan
- b) Terlihat palatum mole dan durum, bagian atas tonsil dan uvula
- c) Terlihat palatum mole dan durum, dan dasar uvula
- d) Hanya terlihat palatum durum



Gambar 3. Kriteria Mallampati

2) Pemeriksaan penunjang

Pemeriksaan penunjang pada kasus trauma kepala yaitu Pemeriksaan CT Scan yang dapat dilakukan untuk mengevaluasi adanya perdarahan intra kranial. Gambaran yang dapat diberikan oleh CT Scan antara lain satu atau lebih hematoma yang terlokalisir dan kadang-kadang terletak pada lokasi yang dalam. Selain itu, dapat juga ditemukan edema pada area disekelilingi hematoma. Jika pada CT Scan pertama tidak ditemukan perdarahan yang tidak sesuai dengan energi trauma, atau jika terdapat perdarahan intra serebral yang sedikit, maka sebaiknya dilakukan pemeriksaan CT *Scan follow up* untuk mendeteksi *delayed* ICH (FKUI-RSCM, 2015).

3) Pemeriksaan status fisik ASA

Klasifikasi status fisik ASA bukan alat perkiraan risiko anestesi, karena efek samping anestesi tidak dapat dipisahkan dari efek samping pembedahan. Penilaian ASA diklasifikasikan menjadi 5 kategori. Kategori ke-6 selanjutnya ditambahkan untuk ditujukan terhadap *brain-dead organ donor*. Status fisik ASA secara umum juga berhubungan dengan tingkat mortalitas perioperatif. Karena *underlying disease* hanyalah satu dari banyak faktor yang berkontribusi terhadap komplikasi perioperatif, maka tidak mengherankan apabila hubungan ini tidak sempurna. Meskipun begitu, klasifikasi status fisik ASA tetap berguna dalam perencanaan manajemen anestesi, terutama teknik monitoring.

4) Pertimbangan Anestesi

Kolaborasi dalam pertimbangan sebelum dilakukan anestesi berdasarkan kondisi dan riwayat kesehatan pasien, (ASKAN,2023).

2. Masalah Kesehatan Anestesi

Masalah Kesehatan Anestesi adalah menganalisis data yang diperoleh pada pengkajian, menginterpretasikannya secara akurat dan logis untuk menetapkan masalah pasien yang tepat (ASKAN, 2023).

Masalah Kesehatan anestesi pada intra anestesi yang dapat ditemukan pada kasus trauma kepala yang dilakukan tindakan craniotomi berdasarkan respon pasien terhadap situasi atau keadaan yang dihadapi yang disesuaikan dengan (ASKAN, 2023), yaitu: RK peningkatan tekanan intra kranial alasan prioritas: Prioritas tinggi (mengancam nyawa)

3. Intervensi kepenataan

Penata anestesi merencanakan asuhan keperawatan anestesi berdasarkan masalah yang ditetapkan. Kriteria intervensi berdasarkan prioritas masalah sesuai kondisi pasien secara kompherensif, memilih tindakan yang aman sesuai kondisi pasien berdasarkan evidence based dan memastikan bahwa asuhan yang diberikan bermanfaat untuk pasien serta menetapkan tujuan dan kriteria hasil yang diharapkan. Prioritas menetapkan intervensi sesuai dengan masalah prioritas berdasarkan tingkat kegawatan atau urgensi:

- a. Prioritas tinggi (mengancam nyawa) yaitu mencerminkan situasi yang mengancam kehidupan (nyawa seseorang) sehingga perlu dilakukan tindakan terlebih dahulu.

- b. Prioritas sedang (mengancam status kesehatan) yaitu menggambarkan situasi yang tidak gawat dan tidak mengancam hidup manusia.
- c. Prioritas rendah (mengancam perilaku) yaitu situasi yang tidak berhubungan langsung dengan prognosis dari suatu penyakit secara spesifik. (ASKAN, 2023)

Masalah Kesehatan Anestesi pada intra operasi: “RK Peningkatan Tekanan Intra Kranial”

a. Tujuan

Setelah dilakukan ASKAN selama fase pra anestesi, intraanestesi, pascaanestesi, ruang gawat darurat,, perawatan kritis, lokasi bencana,, komplikasi peningkatan tekanan intra kranial tidak terjadi/teratasi.

b. Kriteria Hasil

1) Data Subjektif:

- a) Pasien tidak mengeluh nyeri kepala hebat
- b) Pasien tidak mengeluh mual dan/atau muntah.

2) Data Objektif:

- a) Pupil isokor, respon pupil terhadap cahaya baik, diameter pupil 2- 3 mm
- b) Tampak tidak gelisah
- c) Tanda-tanda vital dalam batas normal (sistole 100-120 mmHg atau diastole 60-80 mmHg, nadi 60-100 x/menit, pernapasan 16-22 x/menit, suhu tubuh 36-37°C)
- d) Pergerakan mata normal

- e) Tidak diplopia
- f) Tekanan intra kranial <20 mmHg.

c. Rencana Intervensi

- 1) Identifikasi penyebab peningkatan TIK
- 2) Monitor tanda-tanda peningkatan TIK
- 3) Monitor tingkat kesadaran pasien
- 4) Monitor perubahan tanda-tanda vital
- 5) Monitor saturasi oksigen
- 6) Kaji respon pupil
- 7) Monitor mual muntah
- 8) Monitor nyeri kepala
- 9) Observasi balance cairan
- 10) Observasi urine output
- 11) Atur posisi pasien semi fowler
- 12) Hindari posisi tredelenberg (elevasi kaki)
- 13) Hindari manuver valsava
- 14) Pertahankan suhu tubuh dalam batas normal
- 15) Hindari pemberian cairan hipotonik
- 16) Berikan kondisi lingkungan yang tenang
- 17) Lakukan *Slow Stroke Back Massage*
- 18) Hindari suction lebih dari 10 detik
- 19) Kolaborasi oksigenasi sesuai indikasi
- 20) Kolaborasi pemberian furosemide sesuai indikasi
- 21) Kolaborasi pemberian manitol sesuai indikasi

22) Kolaborasi pemberian agen anestesi sesuai indikasi

23) Kolaborasi pemberian sedasi dan anti konvulsan sesuai indikasi

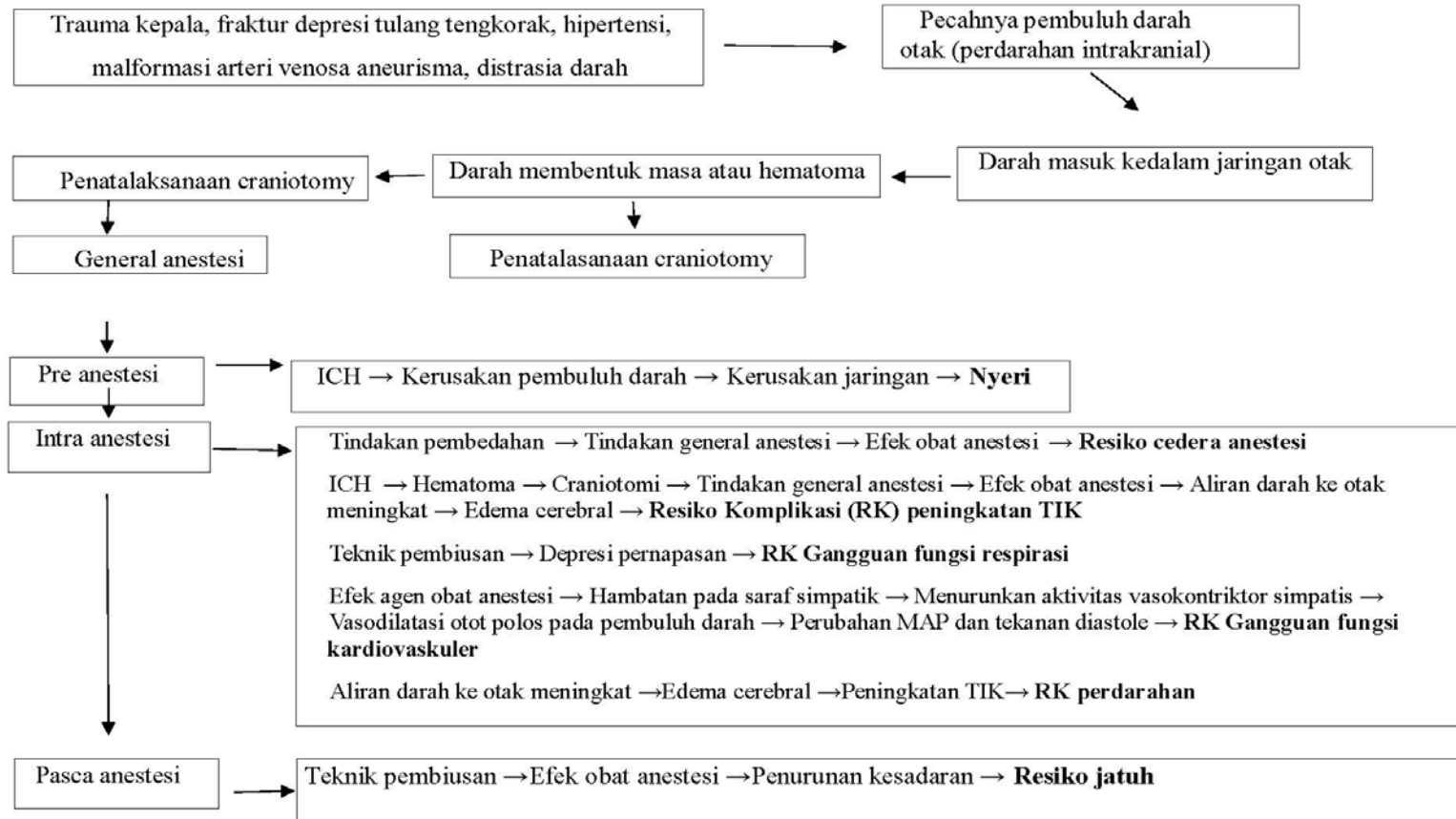
4. Implementasi Keperawatan Anestesi

Implementasi keperawatan anestesi adalah melaksanakan rencana intervensi asuhan keperawatan secara komprehensif, efektif, efisien dan aman berdasarkan evidence based kepada pasien dalam bentuk upaya kuratif, preventif, promotif dan rehabilitatif, dilaksanakan secara mandiri, sedangkan kolaborasi dengan rujukan pelimpahan wewenang (ASKAN, 2023).

5. Evaluasi Keperawatan Anestesi

Evaluasi dalam keperawatan anestesi yaitu melakukan evaluasi secara sistematis dan berkesinambungan untuk melihat keefektifan dari asuhan keperawatan anestesi yang sudah diberikan sesuai dengan perubahan perkembangan kondisi pasien. Evaluasi hasil yang diharapkan pada perawatan pasien dengan intracerebral hemorraghe yaitu, selama fase intraanestesi komplikasi peningkatan tekanan intra kranial tidak terjadi atau teratasi. (ASKAN, 2023)

D. Web Of Caution



Gambar 4. Web Of Caution