

## **TINJAUAN PUSTAKA: DIAGNOSIS DAN TATALAKSANA CEDERA OTAK TRAUMATIK**

**Raditya Bayu Farizil Akhyar<sup>1</sup>, Rohadi Muhammad Rosyidi<sup>2</sup>, Bambang Priyanto<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Mataram

<sup>2,3</sup>Departemen Bedah Saraf Fakultas Kedokteran Universitas Mataram

\*)Email korespondensi: bayuraditya140202@gmail.com

---

**Abstract: Literatur Review: Diagnosis and Treatment of Traumatic Brain Injury.** *Traumatic brain injury (TBI) is a disorder of brain function caused by mechanical processes such as impacts, blows or penetrating head injuries that hit the cerebral structures, causing a decrease in consciousness and impaired brain function in the patient. The most common cause of brain injury, especially in young men, is due to physical impact on the brain such as falls (35%) and traffic or motor vehicle accidents (17%). Other causes include blunt force trauma, gunshot trauma, work accidents, domestic accidents, and sports accidents. The diagnosis of traumatic brain injury is obtained with a detailed history to determine the presence or absence of a history of previous head injury and the mechanism of head injury occurred, clinical symptoms that appear in patients and the results of imaging examinations with cranial CT scans. Management of traumatic brain injury patients is adapted to the severity of the head injury experienced. Management can include observation and administration of pain medication in mild-moderate head injuries and surgical management for severe head injuries.*

**Keywords :** *Clinical Manifestation and Therapy, Diagnosis, Management, Traumatic Brain Injury*

**Abstrak: Tinjauan Pustaka: Diagnosis Dan Tatalaksana Cedera Otak Traumatik.** Cedera otak traumatik (COT) merupakan gangguan fungsi otak yang diakibatkan oleh proses mekanik seperti benturan, pukulan atau trauma tembus kepala yang mengenai struktur serebri sehingga menyebabkan terjadinya penurunan kesadaran dan gangguan fungsi otak pada penderitanya. Penyebab terbanyak dari cedera otak terutama pada pria muda disebabkan oleh adanya benturan fisik pada otak seperti terjatuh (35%) dan kecelakaan lalu lintas atau kendaraan bermotor (17%). Penyebab lain yaitu trauma benda tumpul, trauma tembak, kecelakaan saat bekerja, kecelakaan rumah tangga, serta kecelakaan ketika olahraga. Diagnosis cedera otak traumatik diperoleh melalui anamnesis yang menyeluruh untuk memastikan ada atau tidaknya riwayat cedera kepala sebelumnya dan proses terjadinya cedera kepala, gejala klinis yang muncul pada pasien serta hasil pemeriksaan pencitraan dengan CT scan kranial. Tatalaksana pada pasien cedera otak traumatik disesuaikan dengan tingkat keparahan cedera kepala yang dialami. Tatalaksana dapat berupa observasi dan pemberian obat pereda nyeri pada cedera kepala ringan-sedang serta tatalaksana bedah untuk cedera kepala berat.

**Kata Kunci :** Cedera Otak Traumatik, Diagnosis, Manifestasi Klinis Dan Terapi, Tatalaksana

## PENDAHULUAN

Cedera otak traumatik atau *Traumatic Brain Injury* (TBI) merupakan gangguan fungsi otak yang diakibatkan oleh proses mekanis seperti benturan, pukulan atau trauma tembus kepala yang memengaruhi struktur otak, menyebabkan penurunan dan gangguan fungsi otak pada penderitanya (Prins et al., 2013). Cedera otak traumatik biasanya bermanifestasi sebagai suatu perubahan tingkat kesadaran, bingung, bahkan kejang, koma, serta defisit neurologis sensorik dan motorik akibat trauma benda tumpul atau trauma tembus benda tajam yang masuk ke dalam kepala (Ginsberg, 2017).

Cedera otak traumatik menjadi kondisi kesehatan yang serius dikarenakan angka prevalensi, mortalitas, dan morbiditasnya yang terus meningkat. Di Amerika Serikat, cedera otak traumatik terjadi setiap 15 detik menghasilkan sekitar 1,7 juta korban cedera otak setiap tahunnya. Peristiwa ini bertanggung jawab atas 50.000 kematian dan menyebabkan lebih dari 80.000 orang mengalami cacat permanen (Prins et al., 2013). Menurut laporan dari *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) terdapat 223.000 pasien rawat inap terkait cedera otak traumatik pada tahun 2019 dan sekitar 64.300 kematian akibat cedera otak traumatik pada tahun 2020.

Di Indonesia, data epidemiologi cedera otak sampai saat ini belum tersedia secara luas. Namun, dari data yang tersedia didapatkan peningkatan kasus setiap tahunnya. Data insidensi cedera kepala di RSUD Dr. Moewardi Surakarta dari bulan Januari - Oktober 2012 mencapai 453 kasus. Selama bulan Juli 2012 di RSUD Dr. Moewardi Surakarta tercatat 43 kasus cedera kepala ringan hingga berat. Pasien dengan cedera kepala ringan (CKR) sebanyak 21 orang (48,8%), cedera kepala sedang (CKS) 8 orang (18,6%) dan cedera kepala berat (CKB) sebanyak 14 orang (32,5%) (Hariyani, 2012). Menurut laporan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) 2018, prevalensi cedera kepala di Indonesia sebesar

11,9% dengan cedera otak traumatik sebagai kasus tertinggi ketiga sesudah cedera pada ekstremitas bawah dan ekstremitas atas dengan prevalensi masing-masing 67,9% dan 32,7%. Prevalensi cedera otak traumatik menunjukkan peningkatan dari tahun sebelumnya yaitu sebesar 7,5% pada tahun 2007 dan meningkat menjadi 8,2% pada tahun 2013 (Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, 2019).

Penyebab terbanyak dari cedera otak terutama pada pria muda disebabkan oleh adanya benturan fisik pada otak (*physical forces*) seperti terjatuh (35%) dan kecelakaan lalu lintas atau kendaraan bermotor (17%) (Prins et al., 2013). Menurut data Kepolisian Republik Indonesia, sejak tahun 2017 jumlah korban kecelakaan lalu lintas terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2017 terdapat 104.327 jumlah kecelakaan dengan korban meninggal sebanyak 30.694 orang, tahun 2018 terdapat 109.215 jumlah kecelakaan dengan jumlah kematian 29.472 orang, dan pada tahun 2019 meningkat menjadi 116.411 kasus kecelakaan dengan jumlah kematian 25.671 orang (Badan Pusat Statistik, 2019). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) pada tahun 2014 mencatat sekitar 1,24 juta orang meninggal setiap tahunnya di jalan raya di seluruh dunia serta 2-5 juta orang mengalami luka-luka ringan dan cedera kepala. Cedera otak traumatik adalah salah satu dari tiga penyebab kematian terbanyak pada populasi berusia 15-44 tahun (Galvano et al., 2017)

Insidensi cedera otak pada pria tiga kali lebih tinggi dibandingkan pada perempuan (Shaikh et al., 2022). Tingginya angka kejadian cedera otak pada pria diakibatkan pria cenderung melakukan aktivitas beresiko tinggi, seperti resiko pekerjaan, dan resiko cedera akibat kekerasan. Dilaporkan kejadian cedera otak meningkat dua kali lipat pada usia 5-14 tahun dengan 250 kasus setiap 100.000 penduduk dan 20% di antaranya adalah cedera otak sedang sampai berat (CDC, 2019).

Kejadian cedera otak traumatik memiliki angka kejadian yang sangat banyak dan dapat terjadi pada seluruh kalangan umur. Mengingat besarnya dampak yang dapat ditimbulkan akibat cedera otak traumatik ini, maka penting untuk mengetahui diagnosis dan tatalaksana yang tepat untuk mengurangi tingkat morbiditas dan mortalitas cedera otak traumatik. Maka dari itu, uraian di atas menjadi dasar bagi penulis untuk mengulas lebih lanjut mengenai diagnosis dan tatalaksana cedera otak traumatik.

## METODE

Pada tinjauan pustaka ini menggunakan metode naratif review. Sumber yang digunakan berasal dari pustaka dengan bahasa Indonesia dan Inggris. Pencarian sumber pustaka menggunakan kata kunci yaitu "Traumatic brain injury", "Cedera otak traumatik", "clinical manifestation and management", "diagnosis", dan "tatalaksana". Sumber yang digunakan adalah berbagai jenis artikel mulai dari case report, original article, buku, maupun artikel review yang dipublikasi dalam 15 tahun terakhir. Seleksi sumber yang digunakan diseleksi secara

manual sesuai judul, tinjauan pustaka: diagnosis dan tatalaksana cedera otak traumatik.

## HASIL

### A. Diagnosis

Diagnosis cedera otak traumatik ditegakkan melalui anamnesis yang mendalam untuk mengetahui ada atau tidaknya riwayat cedera kepala sebelumnya dan bagaimana proses terjadinya cedera kepala, manifestasi klinis yang muncul pada pasien serta hasil pemeriksaan penunjang. Informasi penting yang harus ditanyakan saat anamnesis adalah bagaimana proses dan penyebab terjadinya cedera kepala pada pasien. Penyebab dari cedera kepala dapat dilihat pada tabel di bawah yang meliputi: kecelakaan berkendaraan di jalan raya, terjatuh, trauma benda tumpul, trauma tembak dan pecahan bom, kecelakaan saat bekerja, kecelakaan rumah tangga, serta kecelakaan ketika berolahraga. Hingga saat ini, penyebab terbanyak cedera kepala yang utama adalah kecelakaan lalu lintas (60% dari kematian akibat kecelakaan lalu lintas disebabkan oleh cedera kepala) (Ginsberg, 2017).

**Tabel 1. Penyebab dari cedera kepala (Ginsberg, 2017).**

Penyebab Cedera Otak
Kecelakaan berkendaraan di jalan raya
Terjatuh
Trauma akibat benda tumpul
Kecelakaan saat bekerja
Kecelakaan saat berolahraga
Trauma tembak dan pecahan bom

Selanjutnya pemeriksaan fisik yang mencakup pemeriksaan tanda-tanda vital dan sistem organ menyeluruh. Penilaian awal *Glasgow Coma Scale* (GCS) saat pasien tiba di rumah sakit sangat penting dilakukan untuk menilai derajat keparahan cedera otak. Saat ini, derajat keparahan cedera otak traumatik dikategorikan berdasarkan *Glasgow Coma Scale* (GCS), di mana pasien diberi skor berdasarkan gejala klinis, dan skor

keseluruhan yang dihasilkan. Tingkat keparahan cedera tersebut diklasifikasikan sebagai ringan (skor: 13-15), sedang (skor: 9-12) atau berat (skor: <9) (Andrade et al., 2011). Cedera atau luka yang disebabkan cedera traumatik ringan biasanya sembuh dalam beberapa hari hingga minggu setelah pengobatan. Namun, terkadang cedera ini dapat menyebabkan defisit kognitif dan perilaku jangka panjang. Selain itu,

terdapat penelitian yang menunjukkan bahwa cedera otak traumatik sedang hingga berat atau cedera otak traumatik ringan yang berulang, dapat dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit neurodegeneratif seperti penyakit Alzheimer dan penyakit Parkinson (Hutson et al., 2011).

**Tabel 2. Glasgow Coma Scale (ATLS, 2004 dalam (Hutson et al., 2011))**

<b>Eye Opening</b>	<b>Score</b>
Mata membuka dengan spontan	4
Mata membuka dengan perintah	3
Mata membuka dengan rangsangan nyeri	2
Mata tidak membuka dengan rangsang nyeri	1
<b>Motor Response</b>	<b>Score</b>
Mampu bergerak sesuai perintah	6
Mampu melokalisasi rangsang nyeri	5
Tidak mampu mencapai lokasi rangsang nyeri	4
Fleksi abnormal	3
Ekstensi abnormal	2
Tidak bergerak dengan rangsang nyeri	1
<b>Verbal Response</b>	<b>Score</b>
Mampu menjawab dengan orientasi yang baik	5
Bicara kacau	4
Mengeluarkan kata-kata yang tidak tepat/ tidak membentuk kalimat	3
Mengerang dengan rangsang nyeri	2
Tidak ada jawaban	1

Selain dengan pemeriksaan awal *Glasgow Coma Scale* (GCS) untuk menilai derajat cedera kepala, perlu dilakukan pemeriksaan neurologis yang mencakup pemeriksaan fungsi batang otak, saraf kranial, fungsi motorik, dan fungsi sensorik. Menurut (Shaikh et al., 2022) beberapa gejala klinis yang dapat ditemukan pada pasien dengan cedera otak di antaranya:

1. Cedera otak ringan-sedang

- 1) Disorientasi ringan, yaitu suatu keadaan mental yang terganggu di mana seseorang yang menderita kondisi tersebut tidak mengetahui waktu atau tempat mereka saat itu, bahkan pasien mungkin kehilangan ingatan barunya, tetapi ingatan jangka panjang tetap utuh.
- 2) Sakit kepala atau nyeri di kepala yang bisa muncul secara bertahap atau tiba-tiba.

3) Mengalami kelemahan/keletihan yang mengakibatkan ketidakmampuan untuk melakukan aktivitas atau tugas yang biasanya dilakukan. Pasien mungkin dapat dibangunkan oleh rangsangan tetapi kemudian kembali ke keadaan tidak aktif (Andrade et al., 2011)

2. Cedera otak berat

- 1) Somnolen/letargi adalah keadaan penurunan kewaspadaan dan kesadaran. Pasien akan menanggapi rangsangan secara singkat dan hanya mengikuti perintah sederhana, tetapi tidak akan menyadari lingkungan sekitarnya.
- 2) Stupor atau obtundasi adalah penurunan tingkat kesadaran

yang mengakibatkan penderitanya benar-benar tidak mampu merespons percakapan dengan jelas dan hanya bisa merespons melalui rangsangan secara fisik.

- 3) Koma adalah ketika pasien tidak mampu menanggapi segala jenis rangsangan (Shaikh et al., 2022).

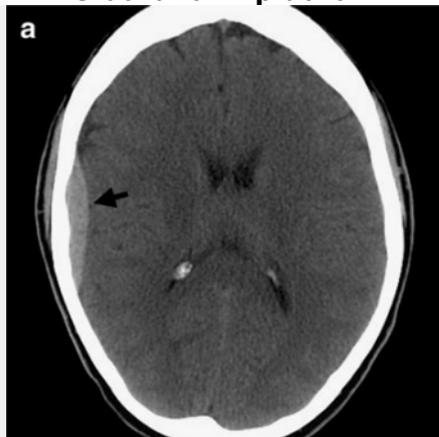
Selain berdasarkan hasil anamnesis dan pemeriksaan fisik, untuk diagnosis cedera otak traumatik pada kondisi akut, CT scan nonkontras merupakan modalitas pilihan utama karena dapat dengan cepat dan akurat dalam mengidentifikasi perdarahan intrakranial yang memerlukan tindakan bedah saraf (Kim & Gean, 2011). CT scan kranial dengan mudah mengidentifikasi perdarahan ekstra-aksial (perdarahan epidural, subdural, dan subarachnoid/ intraventricular)

serta perdarahan intra-aksial (memar kortikal, hematoma intraparenkim, dan *traumatic axonal injury* atau cedera geser). CT scan kranial dapat dilakukan secepatnya apabila terdapat gangguan kesadaran atau ditemukan fraktur tulang tengkorak pada pasien yang diikuti gejala kebingungan, kejang, atau tanda neurologis fokal (Kim & Gean, 2011).

Pencitraan awal dengan CT scan terutama digunakan untuk mengidentifikasi cedera primer akut yang sangat penting untuk mendiagnosis cedera otak traumatik, misalnya perdarahan epidural, subdural, dan subarachnoid. Di sisi lain, pemantauan pencitraan lanjutan juga sangat penting untuk mengidentifikasi cedera sekunder, seperti herniasi dan edema otak. Berikut ini adalah beberapa gambaran CT scan pada cedera otak traumatik.

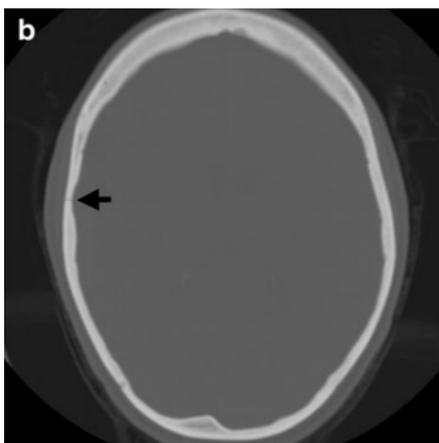
**Tabel 3. Gambaran CT scan pada cedera otak traumatik** (Kim & Gean, 2011)

**Perdarahan Epidural**



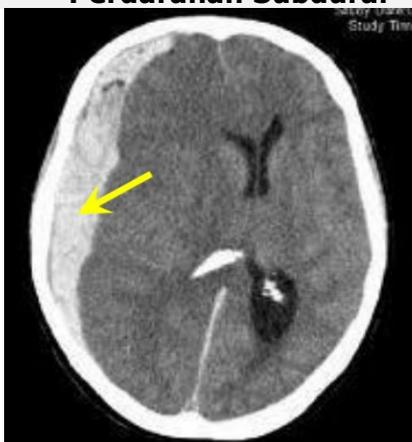
**Gambaran**

CT nonkontras aksial pada dinding otak tampak lesi hiperdens berbentuk bikonveks (panah) yang berdekatan dengan lobus temporal kanan



Fraktur pada tulang tengkorak yang hampir selalu terlihat pada perdarahan epidural (panah). Epidural hematoma biasanya berhubungan dengan fraktur tengkorak, sering terjadi fraktur impact calvarium. Tulang yang retak dapat merusak/merobek arteri dural atau sinus vena sehingga darah dari pembuluh yang pecah akan terkumpul di antara tengkorak dan dura.

### Perdarahan Subdural



### Gambaran

Tampak lesi hiperdense homogen bentuk semilunar/ tampak berbentuk bulan sabit (panah kuning) pada regio fronto-parietal kanan

### Edema Otak



### Gambaran

Edema otak (*Diffuse cerebral swelling*), CT scan nonkontras aksial menunjukkan efusi sulkus yang berdifusi pada pasien yang mengalami trauma kepala. Tidak tampak adanya sulkus serebral tetapi diferensiasi gray-white relatif dipertahankan. Hal ini menunjukkan hiperemia serebral akibat disautoregulasi pasca trauma.

## B. Tatalaksana

Pertolongan pertama pada pasien cedera otak adalah dengan tatalaksana resusitasi segera (Ginsberg, 2017). Tatalaksana ini meliputi: airway (menilai ada atau tidaknya gangguan pada airway/ obstruksi jalan napas), perhatian khusus pada tulang servikal

dikarenakan kemungkinan terjadinya patah tulang dan/atau dislokasi; breathing (menilai gangguan pada pernapasan dan ventilasi); circulation (menilai terhadap adanya gangguan sirkulasi: ada tidaknya perdarahan atau tanda-tanda syok); penilaian terhadap adanya gangguan disabilitas meliputi

respons eye, verbal, dan movement serta ada tidaknya lateralisasi; serta penilaian terhadap exposure dengan melihat ada tidaknya cedera pada organ tubuh yang lain. Apabila semua aspek di atas telah diperiksa dan ditangani, maka selanjutnya dilakukan penilaian cedera kepala, tulang servikal, dan ekstremitas.

Adapun aspek utama pemeriksaan neurologis pada pasien cedera kepala meliputi: terdapat bukti terjadinya cedera (tanda-tanda luka robek dan memar); tanda fraktur basis kranii yang meliputi: hematoma periorbital bilateral dan hematoma pada mastoid, hematoma subkonjungtiva yaitu tampak darah di bawah kelopak mata tanpa disertai batas posterior yang mengindikasikan adanya darah dari orbita, keluarnya cairan serebrospinal (jaringan jernih tidak berwarna) dari hidung atau telinga, keluarnya darah dari telinga. Aspek selanjutnya adalah penilaian derajat kesadaran dengan GCS; serta pemeriksaan neurologis menyeluruh, khususnya pemeriksaan refleks pupil untuk menilai ada tidaknya tanda-tanda herniasi.

Pasien cedera otak ringan dan sedang dapat ditangani dengan membersihkan atau menjahit luka/robekan pada kulit kepala dan memberikan obat pereda nyeri apabila mengalami sakit kepala yang mengganggu, kemudian pasien diobservasi (Andrade et al., 2011). Obat-obatan lain yang juga dapat diberikan pada pasien cedera otak adalah obat anti kejang. Obat anti kejang bisa diberikan pada hari pertama untuk mengurangi resiko kerusakan otak yang mungkin diakibatkan oleh kejang. Adapun pemberian obat anti kejang lanjutan hanya digunakan apabila terjadi kejang pada pasien. Selanjutnya pemberian obat diuretik secara intravena juga dapat dilakukan untuk membantu menurunkan volume cairan dalam jaringan dan menurunkan tekanan dalam otak (Shaikh et al., 2022).

Sedangkan pada pasien dengan cedera otak yang berat, tatalaksana spesialis bedah saraf diperlukan

sesudah dilakukannya resusitasi awal pada pasien. Pilihan untuk intervensi bedah dapat berupa kraniotomi atau kraniektomi untuk meminimalkan kerusakan jaringan otak, mengeluarkan tulang yang rusak, evakuasi hematoma, perbaikan dura, dan pemantauan tekanan intrakranial (Fong et al., 2017). Kraniotomi adalah prosedur pengangkatan sebagian tengkorak untuk sementara, sehingga dokter bedah saraf dapat mengeluarkan darah (hematoma) yang menggumpal dan memperbaiki pembuluh darah yang rusak. Namun pada hematoma yang tidak terlalu masif, dokter hanya akan mengebor lubang kecil yang disebut lubang duri ke tengkorak. Kemudian, akan dipasangkan selang karet ke dalam lubang tersebut sehingga darah dari hematoma dapat mengalir keluar. Adapun prosedur kraniektomi dilakukan jika terjadi pembengkakan otak yang menyebabkan tekanan intrakranial tetap tinggi. Tindakan kraniektomi juga melibatkan pengangkatan sebagian tulang tengkorak untuk memberikan ruang pada otak yang bengkak dan mengurangi tekanan pada otak. Pendekatan ini juga digunakan ahli bedah saraf untuk menghilangkan fraktur tulang tengkorak terbuka sehingga mencegah fraktur tulang menembus jaringan otak.

Setelah tindakan operatif selesai, pemantauan terhadap tekanan intrakranial (TIK) pada pasien harus tetap dipantau. Untuk memantau tekanan intrakranial, alat seperti kateter intraventrikular, sekrop subdural, atau sensor epidermal harus terlebih dahulu dipasangkan melalui prosedur pembedahan. Kemudian perangkat TIK dipasangkan ke monitor yang memberikan pembacaan tekanan di dalam tengkorak secara konstan. Apabila tekanan intrakranial (TIK) meningkat maka dapat diberikan obat untuk mengurangi pembengkakan otak atau dengan pemasangan shunt (kateter di tengkorak) untuk mengalirkan kelebihan cairan (Fong et al., 2017).

Sebagian besar pasien terutama pasien dengan cedera otak berat

mungkin membutuhkan terapi rehabilitasi seperti berjalan dan berbicara. Tujuannya adalah untuk mengembalikan fungsi tubuhnya seperti semula. Terapi rehabilitasi tersebut dapat berupa terapi okupasi, terapi fisik, terapi koognitif, atau terapi wicara. Jenis dan durasi rehabilitasi pada setiap orang berbeda-beda, tergantung pada derajat keparahan cedera otak dan area otak mana yang mengalami cedera (Dang et al., 2017).

## KESIMPULAN

Diagnosis cedera otak traumatik diperoleh melalui anamnesis yang menyeluruh untuk memastikan ada atau tidaknya riwayat cedera kepala sebelumnya dan bagaimana proses terjadinya cedera kepala pada pasien. Pemeriksaan fisik meliputi pemeriksaan tanda vital dan penilaian *Glasgow Coma Scale* (GCS) untuk menilai tingkat keparahan cedera otak. Kemudian gejala klinis yang muncul pada pasien dapat berupa nyeri kepala, disorientasi ringan, hingga penurunan kesadaran serta hasil pemeriksaan pencitraan dengan CT scan kranial yang dapat ditemukan gambaran berupa perdarahan epidural, subdural, atau edema otak. Tatalaksana pada pasien cedera otak traumatik disesuaikan dengan tingkat keparahan cedera kepala yang dialami. Tatalaksana dapat berupa observasi dan pemberian obat pereda nyeri pada cedera kepala ringan-sedang serta tatalaksana bedah untuk cedera kepala berat. Pilihan untuk intervensi bedah dapat berupa kraniotomi atau kraniektomi untuk meminimalkan kerusakan jaringan otak, mengeluarkan tulang yang rusak, evakuasi hematoma, perbaikan dura, dan pemantauan tekanan intrakranial (TIK).

## DAFTAR PUSTAKA

Andrade, A. F., Paiva, W. S., Soares, M. S., de Amorim, R. L. O., Tavares, W. M., & Teixeira, M. J. (2011). Classification and management of mild head trauma. In *International Journal of General Medicine* (Vol. 4, pp. 175–179).

<https://doi.org/10.2147/IJGM.S13464>

Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan. (2019). *LAPORAN PROVINSI Riset KESEHATAN DASAR*.

Badan Pusat Statistik. (2019). Jumlah Kecelakaan, Korban Mati, Luka Berat, Luka Ringan, dan Kerugian Materi 2017-2019. Dapat diakses melalui

<https://www.bps.go.id/indicator/17/513/1/jumlah-kecelakaan-korban-mati-luka-berat-luka-ringan-dan-kerugian-materi.htm>

Centers for Disease Control and Prevention. (2019). Injury Prevention and Control: Traumatic Brain Injury. Available at: <http://www.cdc.gov/ncipc/tbi/TBI.htm>

Dang, B., Chen, W., He, W., & Chen, G. (2017). Rehabilitation Treatment and Progress of Traumatic Brain Injury Dysfunction. In *Neural Plasticity* (Vol. 2017). Hindawi Limited.

<https://doi.org/10.1155/2017/1582182>

Fong, R., Konakondla, S., Schirmer, C. M., & Lacroix, M. (2017). Surgical interventions for severe traumatic brain injury. *Journal of Emergency and Critical Care Medicine*, 1(10), 28–28.

<https://doi.org/10.21037/jeccm.2017.09.03>

Galgano, M., Toshkezi, G., & Qiu, X. (2017). Traumatic Brain Injury: Current Treatment Strategies and Future Endeavors. In *Cell Transplantation 2017, Vol. 26(7)* 1118-1130 (pp. 83–118). CRC Press.

<https://doi.org/10.1177/0963689717714102>

- Ginsberg, L. (2017). *Lecture Notes Neurologi Edisi 9 Erlangga*. 113–115.
- Hariyani, Vitri. (2012). Laporan Epidemiologi Instalasi Gawat Darurat (IGD) RSUD Dr. Moewardi Surakarta dalam Cidera Kepala Berat (CKB) Di Instalasi Gawat Darurat (IGD) RSUD Dr. Moewardi Surakarta. Thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hutson, C. B., Lazo, C. R., Mortazavi, F., Giza, C. C., Hovda, D., & Chesselet, M. F. (2011). Traumatic brain injury in adult rats causes progressive nigrostriatal dopaminergic cell loss and enhanced vulnerability to the pesticide paraquat. *Journal of Neurotrauma*, 28(9), 1783–1801. <https://doi.org/10.1089/neu.2010.1723>
- Kim, J. J., & Gean, A. D. (2011). Imaging for the Diagnosis and Management of Traumatic Brain Injury. *Neurotherapeutics*, 8(1), 39–53. <https://doi.org/10.1007/s13311-010-0003-3>
- Prins, M., Greco, T., Alexander, D., & Giza, C. C. (2013). The pathophysiology of traumatic brain injury at a glance. *DMM Disease Models and Mechanisms*, 6(6), 1307–1315. <https://doi.org/10.1242/dmm.011585>
- Shaikh, F., & Waseem, M. (2022). Head Trauma. In StatPearls. StatPearls Publishing.