



Komponen *Glasgow Coma Scale* (GCS) dan Saturasi Oksigen sebagai Prediktor Kematian pada Pasien Cedera Kepala di RSUP Dr. Kariadi Semarang

Sumarno¹, Moch. Hidajat², Ika Setyo Rini²

¹RSUP Dr. Kariadi Semarang

²Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya

Korespondensi : marnos63@yahoo.com

Abstrak

Latar belakang : Angka kejadian dan kematian pasien cedera kepala cukup tinggi, sehingga menuntut pelayanan yang lebih baik, disisi lain fasilitas perawatan, terutama perawatan intensif (ICU) terbatas. Hal ini mengakibatkan rumah sakit harus melakukan seleksi terhadap pasien yang akan masuk ke ruang perawatan intensif. Prediktor kematian dapat digunakan sebagai salah satu alat untuk melakukan seleksi tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah model prediksi kematian pada pasien murni cedera kepala dengan menggunakan pemeriksaan standar yang ada di Instalasi Gawat Darurat, terutama pada saat sebagian komponen GCS tidak dapat dinilai.

Metode : Penelitian ini menggunakan desain observasional dengan pendekatan prospektif. Responden ditentukan berjumlah 49 pasien. Analisis data dengan uji *Spearman*, uji *lambda*, multivariat regresi logistik.

Hasil : Didapatkan korelasi yang bermakna antara semua variabel bebas dengan kematian pasien, GCS-E ($p=0,011$, $r=0,647$); GCS-V ($p=0,002$, $r=0,647$); GCS-M ($p=0,008$, $r=0,529$); SaO₂ ($p=0,022$, $r=0,429$). Semua komponen GCS dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas kematian pasien cedera kepala bersama dengan SaO₂.

Simpulan : Semua komponen GCS dan saturasi oksigen dapat digunakan sebagai prediktor kematian pasien cedera kepala.

Kata Kunci : cedera kepala, prediktor kematian, komponen GCS

The component of glasgow coma scale and oxygen saturation as death predictor of head injury patients in Kariadi Hospital

Abstract

Background : The number of incidence and mortality of patients with traumatic brain injury (TBI) is high, so it is called for better service, on the other hand healthcare care facilities, particularly bed of intensive care unit (ICU) limited. So often the hospital should perform a selection against patients. Mortality predictors can be used as tool for selection. The aims of this research is to gain a predictive model of mortality in isolative TBI patients using a standardized examination in Emergency Department, especially when part of GCS can't be assessed.

Methods : Design of this study is a observational study with prospective approach. Respondents totaled 49 person. Data analysis being performed with Spearman test, lambda test, Multivariate logistic regression.

Results : Correlation between all the independence variables with mortality of the patient, GCS-E ($p=0.011$, $r=0.647$); GCS-V ($p=0.002$, $r=0.647$); GCS-M ($p=0.008$, $r=0.529$); SaO₂ ($p=0.022$, $r=0.429$). The all components of the GCS, SaO₂ can be used to predict the probability of death of the patient injury head.

Conclusion : GCS components and oxygen saturation can be used as mortality predictor on patients with traumatic brain injury.

Keywords : Traumatic brain injury, mortality predictor, components of GCS

PENDAHULUAN

Angka kejadian cedera kepala sangat tinggi, di Amerika Serikat pada tahun 2010 mencapai 2,5 juta.¹ Cedera kepala di seluruh dunia sebagian besar diakibatkan kecelakaan lalu lintas.² Kecelakaan lalu lintas (KLL) menyebabkan 1,2 juta orang di dunia meninggal setiap tahun.³ Angka KLL di Indonesia dalam rentang 2010–2014 meningkat rata-rata 9,59% per tahun dengan diikuti kenaikan persentase korban meninggal 9,24% per tahun.⁴

Pasien cedera kepala pada beberapa kondisi tidak dapat dinilai *Glasgow Coma Scale* (GCS) total, namun hanya sebagian komponen saja.⁵ Beberapa penelitian menyatakan bahwa semua komponen GCS dapat digunakan sebagai prediktor kematian pasien cedera kepala, sedangkan penelitian lain menunjukkan tidak semua komponen dapat digunakan sebagai prediktor. Kematian pasien juga dipengaruhi penurunan suplai oksigen dan pengangkutan glukosa ke otak yang merupakan faktor utama prognosis pada pasien cedera kepala. Perfusi jaringan otak juga ditentukan oleh kadar oksigen yang dibawa darah ke otak. Kondisi hipoksia merupakan salah satu penyebab kematian pada pasien cedera kepala.⁶ Kadar oksigen yang diikat oleh hemoglobin dapat dimonitor melalui salah satu metode yang sederhana dan sering dilakukan, yaitu mengukur saturasi oksigen perifer.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah model prediksi kematian pada pasien murni cedera kepala.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan populasi pasien cedera kepala dengan GCS 3–13. Pengambilan data dilakukan pada bulan Mei sampai dengan Juni 2016. Responden ditentukan berjumlah 49 pasien ($n=49$), didapatkan dengan metode *consecutive sampling*. Pengambilan data dilakukan oleh peneliti dibantu 3 orang enumerator.

Penelitian ini sudah mendapatkan persetujuan dari Komisi Etik Penelitian Kesehatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Malang No.:107/KEPK-POLKESMA/2016.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan uji *Spearman* untuk mengetahui korelasi skor GCS dengan kematian, uji *Lambda* untuk mengetahui korelasi antara tiap-tiap komponen GCS yang meliputi respon membuka mata (GCS-E), respon verbal (GCS-V) dan respon motorik (GCS-M) serta saturasi oksigen (SaO₂) dengan kematian pasien. Analisis multivariat menggunakan regresi logistik untuk mengetahui faktor yang paling berhubungan dengan kematian pasien dan menentukan persamaan prediktor kematian.

TABEL 1

Karakteristik Responden Berdasarkan Komponen GCS

Karakteristik	n	%
Respon membuka mata (GCS-E)		
Tidak ada respon	14	28,6
Berespon terhadap nyeri	7	14,6
Berespon terhadap suara	27	55,1
Membuka mata spontan	1	2
Respon verbal (GCS-V)		
Tidak ada respon	15	30,6
Mengerang	8	16,3
Berbicara tidak jelas	9	18,4
Berbicara kacau	17	34,7
Orientasi baik	0	0
Respon motorik (GCS-M)		
Tidak berespon	7	14,3
Ekstensi abnormal	1	2,0
Fleksi abnormal	3	6,1
Menghindari nyeri	2	4,1
Melokalisasi nyeri	26	53,1
Mengikuti perintah	10	20,4

Keterangan : n : Jumlah; % : Persentase dalam %

TABEL 2

Karakteristik Responden Berdasarkan SaO₂ dan Kematian

Karakteristik	n	%
Saturasi Oksigen (SaO ₂)		
<90%	21	42,9
≥90%	28	57,1
Respon verbal (GCS-V)		
Meninggal	17	34,7
Hidup	32	65,3

HASIL

Tabel 1 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan komponen GCS. Tabel 2 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan SaO₂ dan kematian.

TABEL 3

Hasil Uji Bivariat GCS, GCS-E, GCS-V, GCS-M, SaO₂ dengan Kematian Pasien

Variabel Bebas	Kematian Pasien	
	R	p value
GCS-E	0,647	0,011
GCS-V	0,647	0,002
GCS-M	0,529	0,008
SaO ₂	0,429	0,022

TABEL 4

Regresi Logistik Komponen GCS

Variabel	Koefisien	p	RR (IK95%)
GCS-V sebagai prediktor kematian			
SaO ₂ < 90%	2,050	0,036	7,767 (1,141 – 52,854)
GCS-V	-1,802	0,001	0,165 (0,57 – 0,477)
GCS-E sebagai prediktor kematian			
GCS-E	-2,615	<0,001	0,073 (0,017 – 0,310)
SaO ₂ < 90	2,528	0,034	12,528 (1,212 – 129,5)
GCS-M sebagai prediktor kematian			
SaO ₂ < 90%	3,079	0,008	21,73 (2,268 – 208,2)
GCS-M	-1,597	0,005	0,203 (0,066 – 0,620)

Hasil uji bivariat GCS, GCS-E, GCS-V, GCS-M, SaO₂ dengan kematian pasien ditunjukkan pada Tabel 3. Tabel 4 menunjukkan regresi logistik komponen GCS.

Pada Tabel 5 menunjukkan prediksi kematian pasien cedera kepala dalam 7 hari.

PEMBAHASAN

Pengaruh GCS-E dengan Kematian Pasien Cedera Kepala

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa skor GCS-E memiliki korelasi yang bermakna terhadap kematian pada pasien cedera kepala dengan nilai $p=0,011$. nilai $r=0,647$ menunjukkan korelasi yang bersifat kuat. Arah korelasi ditunjukkan oleh nilai positif. Tabel 4 menunjukkan bahwa GCS-E dapat digunakan sebagai prediktor kematian.

GCS-E adalah komponen GCS yang dinilai dari respon membuka mata pasien. Nilai 3 dan 4 menunjukkan adanya fungsi yang baik dari korteks otak dalam memproses informasi, sedangkan nilai 2 menunjukkan fungsi otak berada pada tingkat yang rendah.⁷ Kondisi seorang pasien cedera kepala dengan

nilai GCS-E yang rendah akan meningkatkan risiko kematiannya, hal ini dapat diakibatkan oleh terganggunya fungsi otak yang akan berdampak ke bagian tubuh yang lain.

Hasil penelitian didapatkan GCS-E pasien dengan cedera kepala sedang dan berat pada tiga hari pertama merupakan salah satu prediktor kematian pasien cedera kepala.⁸ Penelitian yang menilai skor GCS dan komponennya menyimpulkan bahwa GCS-E berkorelasi dengan kematian pasien. GCS dan komponennya dapat digunakan sebagai prediktor kematian secara mandiri.⁹

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa GCS-E secara mandiri merupakan prediktor kematian dan memiliki keakuratan seperti nilai total GCS.⁵

Pengaruh GCS-V dengan Kematian Pasien Cedera Kepala

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna antara GCS-V dengan Kematian Pasien, dengan kekuatan korelasi kuat. Uji regresi logistik menunjukkan bahwa GCS-V dapat digunakan sebagai prediktor kematian pada pasien cedera kepala,

TABEL 5
Prediksi Kematian Pasien Cedera Kepala
dalam 7 Hari

Skor	Probabilitas kematian (%)	
	RSaO2 ≥ 90%	SaO2 < 90%
Berdasar GCS-E		
1	70,7	96,8
2	14,3	32,3
3	1	13,2
4	0,1	1,1
Berdasar GCS-V		
1	60,1	92,1
2	19,9	65,9
3	3,9	24,2
4	0,7	5,0
5	0,1	0,9
Berdasar GCS-M		
1	96,5	99,8
2	84,9	99,2
3	53,2	96,1
4	18,7	83,4
5	4,5	50,4
6	0,9	17,0

hal ini dilakukan dengan asumsi GCS total tidak dapat ditentukan karena suatu hal.

GCS-V merupakan komponen GCS yang dinilai berdasarkan respon suara yang ditunjukkan oleh seorang pasien terhadap rangsang yang diberikan. Nilai respon suara pasien yang baik menunjukkan integrasi sistem saraf dalam tingkat yang tinggi dan rendahnya nilai respon verbal dapat diakibatkan antara lain karena gangguan integrasi dalam sistem saraf.⁷ Kondisi atau faktor-faktor tersebut antara lain afasia, pasien dengan trauma wajah yang mengenai mulut, trauma leher, pasien yang terpasang *endotracheal tube* maupun *tracheostomy tube*.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Lesko *et al*, yang menyatakan bahwa GCS-V berkorelasi dengan kematian pasien cedera kepala. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai kekuatan korelasi GCS-V dan GCS-E terhadap kematian memiliki korelasi yang lebih kecil dari skor total GCS.⁹ Penelitian lain yang mendukung penelitian ini adalah penelitian oleh Tantri *et*

al, yang menyatakan bahwa GCS-V yang rendah memiliki korelasi kuat terhadap terjadinya *outcome* pasien yang buruk. *Outcome* pasien cedera kepala yang dimaksud dalam penelitian tersebut adalah terjadinya kematian pasien atau disabilitas yang berat. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa berdasarkan analisa regresi logistik GCS-V dapat digunakan sebagai prediktor kematian pasien dengan penurunan kesadaran.¹⁰

Pengaruh GCS-M dengan Kematian Pasien Cedera Kepala

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna antara GCS-M dengan kematian pasien dengan kekuatan korelasi sedang. Uji regresi logistik menunjukkan bahwa dengan asumsi skor total GCS tidak dapat ditentukan maka berdasarkan uji regresi logistik GCS-M dapat digunakan sebagai prediktor kematian pasien cedera kepala.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Lesko *et al*, yang menyatakan adanya hubungan GCS-M dengan kematian pasien cedera kepala.⁹ Hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian retrospektif yang menyatakan bahwa GCS-M berhubungan dengan kematian pasien cedera kepala dan dapat menjadi prediktor kematian pasien cedera kepala, nilai GCS-M yang rendah berisiko tinggi terhadap terjadinya kematian pasien cedera kepala.⁵

Hasil penelitian lain yang sejalan adalah penelitian retrospektif terhadap pasien cedera kepala berat yang menunjukkan bahwa respon motorik yang rendah berhubungan dengan kematian pasien, GCS-M kurang dari 4 merupakan prediktor terjadinya kematian pasien cedera kepala.¹¹ hal ini dapat berkaitan dengan kerusakan yang terjadi pada otak. Nilai 3 motorik berkaitan dengan adanya lesi pada kapsuler interna atau pada hemisfer otak.⁷ Kapsula interna terbentuk oleh berkas-berkas serabut motorik dan sensorik yang menyambung korteks serebri dengan batang otak dan sumsum tulang belakang.¹²

Nilai respon motorik yang rendah menunjukkan beratnya gangguan yang terjadi di jaringan otak atau hemisfer, dimana pusat pengatur gerakan motorik berada pada korteks otak zona lateral, posterior sampai fisura orlando yang dikenal dengan korteks motorik.¹³ Respon motorik pasien merupakan indikator terhadap kemampuan sistem saraf pusat untuk berfungsi dengan baik, yaitu untuk melakukan bermacam pola gerakan. Respon tungkai dan lengan pada pasien yang mengalami gangguan kesadaran berkaitan dengan kerusakan pada jaringan otak. Respon motorik 2 berkaitan dengan kerusakan otak tengah sampai pontin.⁷ Kerusakan pada otak tengah rentan berkaitan dengan akan timbulnya gangguan sistem pernafasan yang akan memperburuk kondisi pasien dan berakibat kepada kematian. Hal ini terkait dengan lokasi otak tengah dengan pusat pengatur pernafasan yang berada di medula oblongata.

Pengaruh Saturasi Oksigen dengan Kematian Pasien Cedera Kepala

Hasil penelitian menunjukkan bahwa saturasi oksigen memiliki korelasi yang bermakna terhadap kematian pada pasien cedera kepala $p=0,022$ dengan nilai $r=0,429$ yang menunjukkan korelasi bersifat sedang. Arah korelasi ditunjukkan oleh nilai positif. SaO₂ dibawah 90% akan memperbesar risiko atau kemungkinan pasien cedera kepala mengalami kematian. Uji regresi logistik menunjukkan bahwa dengan asumsi GCS total tidak dapat ditentukan maka SaO₂ dapat digunakan untuk menghitung probabilitas kematian pasien cedera kepala bersama dengan salah satu komponen GCS yang dapat dinilai.

Beberapa penelitian terdahulu mendukung hasil penelitian ini, bahwa hipoksemia berhubungan dengan penurunan *outcome* dan peningkatan kematian pasien.¹⁴ Penelitian yang dilakukan pada pasien cedera kepala berat menyatakan bahwa durasi hipoksia berhubungan erat dengan kematian pasien.¹⁵

Saturasi oksigen merupakan indikator kadar oksigen yang dapat diikat dan diangkut oleh darah untuk metabolisme jaringan tubuh.¹⁶ Saturasi oksigen yang rendah menunjukkan sebuah kondisi kurangnya oksigen di dalam darah seseorang (hipoksemia). Kondisi hipoksemia akan berakibat pasokan oksigen ke jaringan tidak adekuat, yang dapat berlanjut kepada hipoksia jaringan. Hipoksia merupakan salah satu dari "*lethal duo*" pada pasien dengan cedera kepala bersama dengan tekanan darah. Hal ini karena hipoksia akan menyebabkan iskemia jaringan otak yang merupakan salah satu cedera sekunder yang akan diikuti edema otak dan peningkatan tekanan intra kranial. Iskemia otak sendiri maupun peningkatan tekanan intra kranial dapat menyebabkan kematian pasien,¹⁷ sehingga semakin rendah saturasi oksigen akan meningkatkan risiko kematian pasien.

Probabilitas Kematian Pasien Cedera Kepala

Komponen GCS digunakan sebagai prediktor kematian apabila skor total GCS tidak dapat diukur karena kesulitan mengukur sebagian komponen. Peneliti dapat menghitung prediksi kematian pasien cedera kepala dalam 7 hari setelah kejadian cedera. Rumus persamaan hasil regresi logistik digunakan untuk menghitung probabilitas kematian pasien dengan menggunakan komponen GCS dan SaO₂, berdasarkan rumus tersebut didapatkan prediksi kematian seperti pada tabel 5.

Komponen GCS dapat digunakan pada kondisi skor total GCS tidak dapat ditentukan. Hal ini sangat membantu untuk memprediksi probabilitas kematian pasien cedera kepala tersebut. Semua komponen GCS dapat digunakan untuk memprediksi probabilitas kematian pasien cedera kepala bersama dengan SaO₂ dengan kualitas persamaan yang baik. Nilai 1 dari GCS-V tanpa adanya hipoksia, atau nilai GCS-V 2

disertai hipoksia akan memiliki probabilitas kematian besar. Hal ini terkait dengan permasalahan di respon verbal berkaitan dengan fungsi beberapa atau hampir keseluruhan fungsi dari otak⁷ sehingga kondisi respon verbal yang buruk (skor GCS-V 1) berkaitan dengan integrasi fungsi otak yang buruk yang berisiko besar terhadap kematian pasien cedera kepala.

Nilai 1 dari GCS-E pada saat pasien hipoksia maupun tidak hipoksia pada penelitian ini merupakan prediktor kematian pasien cedera kepala. Hal ini berkaitan dengan skor 2 dari GCS-E menunjukkan fungsi otak pada tingkat yang rendah, terutama dengan fungsi bagian korteks otak.⁷

Nilai 3 pada GCS-M atau lebih rendah tanpa hipoksia dan nilai 5 atau lebih kecil pada GCS-M dengan hipoksia memiliki probabilitas kematian yang besar. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Tjahjadi *et al*, yang menyatakan bahwa nilai GCS-M kurang dari 4 merupakan prediktor kematian pasien cedera kepala.¹¹ Nilai 3 dari GCS-M juga menunjukkan terjadinya lesi pada hemisfer otak dan kapsuler interna dari otak.⁷

Saturasi oksigen di bawah 90% atau kondisi hipoksia merupakan prediktor kematian. Beberapa penelitian terdahulu mendukung hasil penelitian ini, bahwa terdapat hubungan antara hipoksia dengan kematian pasien cedera kepala. Penelitian Levine dan Kumar menyebutkan bahwa hipoksemia sistemik merupakan prediktor terhadap peningkatan kematian pasien.¹⁸ Penelitian prospektif yang dilakukan Chi *et al*, tentang hipoksia prehospotal menyatakan bahwa hipoksia prehospotal merupakan prediktor kematian yang signifikan dengan dibandingkan variabel lain dalam penelitian tersebut (hipotensi).¹⁹

SaO₂ merupakan bagian penting dari indikator baik buruknya transportasi oksigen (oksigen *delivery*), saturasi O₂ yang rendah akan mengakibatkan pengiriman oksigen yang tidak memadai. Kondisi ini akan menimbulkan suplai darah ke otak tidak adekuat dan menimbulkan iskemia jaringan otak yang dapat berakibat pada kematian pasien. Hipoksia pada pasien cedera kepala berat juga berhubungan dengan memanjangnya proses inflamasi, memperbesar ekstrasvasi biomarker inflamasi dan buruknya *outcome* pasien.²⁰

Pasien cedera kepala dengan hipoksia dapat mendorong terjadinya edema otak yang luas, perubahan iskemik, dan *outcome* yang jelek. Efek hipoksia tidak terbatas hanya pada gangguan suplai bahan tetapi dapat juga mempengaruhi perubahan tekanan intrakranial. Selama masa hipoksia, aliran darah otak meningkat karena vasodilatasi untuk meningkatkan cerebral metabolism rate of oxygen. Kondisi ini menyebabkan kenaikan cerebral blood volume dan menyebabkan kenaikan tekanan intrakranial.²¹

Perawatan kepada pasien cedera kepala dengan GCS dan SaO₂ rendah akan mendapatkan prioritas,

Tingkat kesadaran dan saturasi oksigen sebagai komponen dalam triage yang berfungsi untuk melakukan prioritas pengelolaan pasien. Pasien dengan kesadaran dan atau saturasi oksigen buruk akan masuk ke dalam kategori prioritas pertama. Prioritas dilakukan untuk mencegah terjadinya komplikasi yang lebih buruk bahkan kematian pada pasien. Dukungan psikologi diperlukan oleh keluarga untuk menghadapi kemungkinan terburuk yang dapat terjadi pada pasien. Hal ini berkaitan dengan GCS dan saturasi oksigen yang rendah merupakan prediktor kematian pada pasien cedera kepala.

SIMPULAN

Komponen GCS dapat digunakan sebagai prediktor kematian pasien cedera kepala bersama SaO₂. Penggunaan komponen GCS sebagai prediktor kematian adalah pada saat nilai GCS total tidak dapat ditentukan.

Perawat disarankan agar memprioritaskan penanganan pasien cedera kepala dengan prediksi kematian tinggi. Dukungan kepada keluarga harus diberikan agar keluarga siap menghadapi kemungkinan terburuk bahkan kematian pasien. Saran untuk pihak rumah sakit untuk mempertimbangkan hasil penelitian dalam pembuatan Standar Prosedur Operasional (SPO) pemberian edukasi maupun dukungan psikologis kepada keluarga pasien cedera kepala.

DAFTAR PUSTAKA

- Center for Disease Control and Prevention/CDC. Rates of TBI-related emergency department visits, hospitalizations, and deaths - United States, 2001-2010. 2015. <http://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/data/rates.html>. Retrieved 10/02/2016.
- International Brain Injury Association (IBIA). Brain injury facts worldwide. 2016. <http://www.internationalbrain.org/brain-injury-facts/>. Retrieved 10/02/2016.
- Rubin G, Peleg K, Givon A, Rozen N. Upper extremity fractures among hospitalized road traffic accident adults. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2015; 33(2):4.
- Badan Pusat Statistik (BPS). Statistik transportasi darat 2014. Jakarta, Badan Pusat Statistik. 2015.
- Kung W, Tsai S, Chiu W, Hung K, Wang S, Lin J, Lin M. Correlation between Glasgow coma score components and survival in patients with traumatic brain injury. *Injury, International Journal Care Injured*. 2011; 42:5.
- Vigue B, Ract C, Tazarourte K. The first 24 hours after severe head trauma. *Annual Update in Intensive Care and Emergency Medicine* 2012, Springer-Verlag Berlin. 2011.
- Matis GK, Birbilis T. The glasgow coma scale - a brief review past, present, future. *Acta Neurologica Belgica*. 2008; 108: 16.
- Gunawan A, Soertidewi L, Musridharta E, Prihartono J. Uji prognostik: skor motorik, frekuensi nafas dan membuka mata (MNM skor) untuk memprediksi keluaran dalam tiga hari pada pasien dewasa trauma kapitis sedang-berat. *Neurona Majalah Kedokteran Neuro Sains Perhimpunan Dokter Spesialis Saraf Indonesia*. 2011; 29(1).
- Lesko M M, Jenks T, O'Brien SJ, Childs C, Boumara O, Woodford M, Lecky F. Comparing model performance for survival prediction using total GCS and its components in traumatic brain injury. *Journal of Neurotrauma*. 2012; 23.
- Tantri AR, Wahyu IH, Firdaus R. Glasgow Coma Scale dalam memprediksi outcome pada pasien dengan penurunan kesadaran di Instalasi Gawat Darurat Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo. *Anestesi and Critical Care*. 2014; 32(3):7.
- Tjahjadi M, Arifin, MZ, Gill AS, Faried A. Early mortality predictor of severe traumatic brain injury: A single center study of prognostic variables based on admission characteristics. *The Indian Journal of Neurotrauma*. 2013; 10(1), 3-8.
- Pearce EC. *Anatomi dan fisiologi untuk paramedis*. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama. 2009.
- Batticaca FB. *Asuhan keperawatan klien dengan gangguan sistem persarafan*. Jakarta, Salemba medika. 2008.
- Davis DP, Meade W, Sise MJ, Kennedy F, Simon F, Tominaga G, Steele J, Coimbra R. Both hypoxemia and extreme hyperoxemia may be detrimental in patients with severe traumatic brain injury. *Journal of Neurotrauma*. 2009; 26(12):7.
- Rhodes JK, Chandrasekaran S, Andrews PJ. Early changes in brain oxygen tension may predict outcome following severe traumatic brain injury. *Acta Neurochirurgica*. 2016; 122: 8.
- Arifin ZM. Korelasi antara kadar oxygen delivery dengan length of stay pada pasien cedera kepala sedang. Bandung, Universitas Padjajaran. 2008.
- Stahel PF, Smith WR, Moore EE. Hypoxia and hypotension, the "lethal duo" in traumatic brain injury: implications for prehospital care. *Intensive Care Medicine*. 2008; 34: 3.
- Levine JM, Kumar MA. Traumatic brain injury. *Neurocritical Care Society Practice Update*. 2013; 28.
- Chi JH, Knudson MM, Vassar MJ, McCarthy MC, Shapiro MB, Mallet S, Holcroft JJ, Moncrief H, Noble J, Wisner D, Kaups KL, Bennick L, Manley GT. Prehospital hypoxia affects outcome in patients with traumatic brain injury: a prospective multicenter study. *Journal of Trauma-Injury Infection & Critical Care*. 2006; 61(5): 8.
- Yan EB, Satgunaseelan L, Paul E, Bye N, Nguyen P, Agyapomaa D, Kossmann T, Rosenfeld, JV, Morganti-Kossmann MC. Post-traumatic hypoxia is associated with prolonged cerebral cytokine production, higher serum biomarker levels, and poor outcome in patients with severe traumatic brain injury. *Journal of Neurotrauma*. 2014; 31(7): 12.
- Safrizal S, Bachtiar H. Hubungan nilai oxygen delivery dengan outcome rawatan pasien cedera kepala sedang. *Bagian Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran*. Padang, Universitas Andalas. 2013.