

BAB II

TINJAUAN TEORI

Bab ini berisi uraian mengenai landasan teori yang mendukung penelitian, meliputi: 1) Konsep Risiko Mortalitas, 2) Konsep Cedera Kepala, 3) Penelitian Relevan, 4) Kerangka Teori, 5) Kerangka Konseptual

2.1 Konsep Risiko Mortalitas

2.1.1 Definisi Risiko Mortalitas

Mortalitas merupakan salah satu komponen dalam dinamika kependudukan yang dapat ditinjau dari berbagai aspek, seperti demografi, kesehatan, sosial, ekonomi, dan budaya. Dalam bidang kesehatan, mortalitas tidak hanya dilihat sebagai angka kematian, tetapi juga sebagai risiko terjadinya kematian pada individu atau kelompok tertentu. Kematian menurut Utomo (1985) didefinisikan sebagai suatu kejadian berhentinya seluruh aktivitas kehidupan secara permanen, yang dapat terjadi kapan saja setelah kelahiran hidup (Direktorat Statistik Kependudukan dan Ketenagakerjaan, 2020). Mortalitas adalah keadaan ketika seluruh fungsi tubuh manusia berhenti secara permanen dan tidak dapat kembali, terutama ditandai dengan berhentinya fungsi jantung, pernapasan, serta aktivitas otak (Fatimah et al., 2022).

Berdasarkan pengertian tersebut, risiko mortalitas dapat diartikan sebagai kemungkinan terjadinya kematian, yaitu berhentinya seluruh tanda-tanda kehidupan secara permanen, yang ditandai dengan terhentinya fungsi

jantung, pernapasan, serta aktivitas otak, pada individu atau kelompok dalam periode waktu tertentu.

2.1.2 Klasifikasi Kematian

Klasifikasi kematian akibat trauma meliputi (Thokaloath et al., 2025):

1. *Immediate Death*: Kematian yang terjadi dalam rentang waktu yang sangat cepat, dimulai dari hitungan menit hingga <1 jam sejak terjadi trauma.
2. *Early Death*: Kematian yang terjadi dalam 24 jam pertama setelah terjadi trauma akibat tingginya tingkat keparahan cedera yang ditimbulkan, dan juga komplikasi akut yang gagal diatasi pada jam-jam pertama.
3. *Late Death*: Kematian yang terjadi setelah 24 jam pertama setelah terjadi trauma, seringkali disebabkan oleh komplikasi sekunder seperti sepsis atau kegagalan multiorgan.

2.1.3 Faktor Risiko Mortalitas

Faktor-faktor yang berhubungan dengan peningkatan risiko mortalitas meliputi (Agnes et al., 2020):

1. *Glasgow Coma Scale (GCS)*

GCS merupakan salah satu indikator fisiologis yang berhubungan erat dengan risiko mortalitas pada pasien cedera kepala. Penurunan skor GCS menunjukkan semakin berat derajat cedera otak yang dialami. Pasien dengan skor $GCS \leq 8$ memiliki risiko kematian yang tinggi, dengan rata-rata mortalitas mencapai sekitar 56%. Selain itu, setiap

penurunan satu poin pada skor GCS diketahui berhubungan dengan peningkatan risiko kematian sekitar 14%.

2. Tekanan Darah

Hipotensi merupakan salah satu faktor yang berkontribusi terhadap mortalitas pasien dengan cedera kepala, kondisi ini berhubungan dengan berkurangnya suplai oksigen serta distribusi glukosa ke otak yang menjadi faktor penting dalam menentukan prognosis pasien. Hipotensi dapat memperbesar risiko mortalitas pada pasien cedera kepala, kondisi ini berhubungan dengan adanya gangguan perfusi serebral. Jika terjadi hipotensi (tekanan darah < 90 mmHg) yang berlangsung selama 15 menit atau lebih, secara drastis akan memperburuk *outcome* pasien dan meningkatkan risiko kematian akibat cedera otak sekunder.

3. Respiratory Rate (RR)

Frekuensi pernapasan yang rendah, khususnya di bawah 10 kali per menit, dikaitkan dengan prognosis yang buruk karena dapat mengurangi oksigenasi dan perfusi otak. Kondisi ini juga dapat mengindikasikan adanya kompresi serebral yang disebabkan peningkatan TIK, terutama pada tahap awal cedera kepala. Secara umum, frekuensi pernapasan yang kurang dari 12 kali per menit maupun lebih dari 24 kali per menit juga menunjukkan kondisi abnormal yang dapat meningkatkan risiko kematian pada pasien cedera kepala. Perubahan frekuensi napas tersebut dapat mengakibatkan penurunan saturasi

oksigen dalam darah yang diikuti dengan penurunan perfusi jaringan. Perfusi jaringan otak yang menurun dapat memperparah keadaan klinis pasien dengan cedera kepala dan meningkatkan risiko mortalitas.

4. Usia

Usia termasuk salah satu indikator prognostik yang dapat dimanfaatkan untuk memprediksi risiko mortalitas dan morbiditas pada pasien cedera kepala. Tingkat kejadian cedera kepala tertinggi banyak ditemukan pada usia produktif, yaitu 15–24 tahun. Namun demikian, peningkatan usia berkaitan dengan meningkatnya risiko *outcome* yang buruk. Perubahan fisiologis pada jaringan otak pada individu usia lanjut menyebabkan otak menjadi lebih rentan terhadap cedera. Berbagai perubahan fisiologis, seperti penurunan elastisitas pembuluh darah dan perubahan fungsi *neurotransmitter*, dipengaruhi oleh usia pasien sehingga meningkatkan sensitivitas terhadap trauma. Risiko *outcome* yang buruk pada usia >65 tahun cenderung meningkat lebih dari dua kali lipat dibandingkan dengan usia <65 tahun.

5. Jenis Kelamin

Ditinjau dari aspek jenis kelamin, dibandingkan perempuan pasien cedera kepala lebih sering didapati pada laki-laki. Kondisi ini dapat berkaitan dengan perbedaan aktivitas dan jenis pekerjaan, di mana laki-laki cenderung memiliki aktivitas dengan tingkat risiko yang lebih tinggi terhadap terjadinya cedera kepala. Selain itu, perbedaan faktor hormonal dan genetik antara laki-laki dan perempuan diduga turut

memengaruhi proses cedera sekunder pada otak, seperti inflamasi, edema serebri, stres oksidatif, dan fungsi mitokondria setelah trauma. Hormon estrogen dan progesteron pada perempuan diduga memiliki efek neuroprotektif yang membantu mempertahankan perfusi serebral, mengurangi pembengkakan otak, serta membatasi kerusakan sel saraf sehingga dapat berkontribusi terhadap luaran klinis yang lebih baik. Meskipun demikian, hubungan antara jenis kelamin dan mortalitas pada pasien cedera kepala bersifat kompleks dan dipengaruhi pula oleh usia, tingkat keparahan cedera, serta kondisi fisiologis pasien saat datang ke rumah sakit (Gupte et al., 2019).

2.2 Pengukuran Risiko Mortalitas dengan RTS

2.2.1 Definisi RTS

RTS merupakan suatu alat penilaian yang dikembangkan untuk mengevaluasi kondisi fisiologis pada pasien trauma serta berguna dalam menilai fungsi fisiologis tubuh secara menyeluruh. Penilaian menggunakan RTS dapat digunakan sebagai prediktor 97% pasien yang berisiko mengalami kematian apabila tidak dilakukan perawatan (Kurniawan, 2018).

Skor ini pertama kali dikembangkan oleh Howard R. Champion bersama rekan-rekannya pada tahun 1989 sebagai bentuk penyempurnaan dari *Trauma Score* yang sebelumnya telah diperkenalkan pada tahun 1981. Pengembangan RTS dilakukan dengan menghilangkan beberapa parameter yang sulit dinilai di lapangan seperti *capillary refill* dan *respiratory*

expansion, sehingga sistem penilaian menjadi lebih praktis dan lebih mudah digunakan di unit gawat darurat (Kumar et al., 2025).

2.2.2 Komponen RTS

RTS terdiri dari tiga komponen utama, yaitu (Kurniawan, 2018):

1. *Glasgow Coma Scale (GCS)*

GCS merupakan alat ukur yang telah lama dimanfaatkan untuk mengevaluasi tingkat kesadaran pasien, menilai kondisi klinis, dan menentukan prognosis. Semakin rendah skor GCS, maka prognosis pasien juga semakin buruk. Pada pasien dengan nilai GCS 15, tingkat kematian sekitar 1%, pada rentang GCS 8–12 sekitar 5%, dan pada GCS ≤ 8 meningkat hingga sekitar 40%.

2. *Systolic Blood Pressure (SBP)*

Tekanan darah merupakan indikator penting dalam menentukan prognosis pasien, sehingga perlu dipantau secara terus-menerus oleh tenaga kesehatan dalam penatalaksanaan pasien. Pada fase awal cedera otak, tubuh secara langsung akan menaikkan tekanan darah dengan tujuan mempertahankan CPP. Sebaliknya, tekanan darah sistolik yang menurun (<90 mmHg) dapat menyebabkan penurunan CPP. Pasien dengan tekanan darah <120 mmHg memiliki risiko kematian 1,5 kali lebih tinggi, dan dapat mengalami peningkatan 2 kali lipat jika tekanan darah <100 mmHg, 3 kali lipat jika tekanan darah <90 mmHg, dan akan terus mengalami peningkatan hingga 6 kali lipat lebih tinggi pada tekanan darah <70 mmHg.

3. *Respiratory Rate* (RR)

Perubahan frekuensi pernapasan mengakibatkan turunnya saturasi oksigen dalam darah yang kemudian dapat disertai dengan menurunnya perfusi jaringan. Kondisi pasien cedera kepala dapat semakin memburuk apabila terjadi penurunan perfusi pada jaringan otak, sehingga dapat menghasilkan *outcome* yang buruk.

2.2.3 Fungsi RTS

1. Menilai Tingkat Keparahan Fisiologis Pasien Trauma

RTS digunakan untuk menggambarkan respon fisiologis tubuh terhadap cedera sehingga dapat menunjukkan tingkat keparahan trauma secara cepat di IGD (Fatimah et al., 2022). Karena RTS berbasis data vital yang mudah diperoleh, instrumen ini dapat diaplikasikan segera saat pasien tiba tanpa memerlukan pemeriksaan kompleks.

2. Memprediksi Risiko Mortalitas Pasien Trauma

Prediksi mortalitas menggunakan RTS penting karena membantu tenaga kesehatan mengidentifikasi pasien berisiko tinggi sejak awal, skor RTS yang rendah terbukti berhubungan dengan peningkatan risiko kematian pada berbagai jenis trauma (Kumar et al., 2025).

3. Membantu Proses *Triage* Dan Pengambilan Keputusan Klinis Di IGD

RTS menjadi alat yang penting untuk membantu proses *triage* karena memungkinkan penentuan prioritas penggunaan sumber daya perawatan intensif yang terbatas secara tepat (Kumar et al., 2025). Skor

ini memungkinkan tenaga kesehatan untuk menentukan pasien yang membutuhkan tindakan segera.

2.2.4 Kelebihan RTS

RTS memiliki beberapa keunggulan yang menjadikannya salah satu sistem scoring trauma yang banyak digunakan di IGD karena menggunakan parameter fisiologis sederhana seperti GCS, SBP, dan RR, sehingga dapat dinilai dengan cepat pada fase awal penanganan pasien trauma (Padaruntung et al., 2023).

RTS juga terbukti memiliki sensitivitas dan spesifisitas tinggi dalam memprediksi mortalitas, RTS membantu menentukan tingkat respons berdasarkan skor RTS yang terkait dengan tingkat keparahan cedera, sehingga memungkinkan pelayanan serta penanganan yang cepat dan tepat dalam merespons keadaan darurat, khususnya di IGD (Padaruntung et al., 2023).

Selain itu, RTS dinilai efektif digunakan dalam *triage* karena dapat mempercepat pengambilan keputusan klinis, perencanaan terapi, serta meningkatkan efisiensi waktu dalam pelayanan gawat darurat (Fatimah et al., 2022).

Dengan berbagai kelebihan tersebut, RTS dianggap sebagai alat penilaian trauma yang mudah diterapkan, cepat, dan reliabel untuk membantu tenaga kesehatan melakukan evaluasi awal serta menentukan prioritas penanganan pasien secara lebih akurat.

2.2.5 Pengukuran RTS

RTS merupakan sistem penilaian fisiologis yang digunakan untuk memprediksi risiko mortalitas pasien trauma melalui tiga indikator utama yaitu GCS, SBP, dan RR.

Tabel 2.1 Tabel RTS

GCS	SBP	RR	<i>Code Value</i>
13-15	>89	10-29	4
9-12	76-89	>29	3
6-8	50-75	6-9	2
4-5	1-49	1-5	1
3	0	0	0

(Champion et al., 1989 ; Abouelfetouh, 2024)

Pengukuran RTS dilakukan dengan memberikan *code value* pada setiap indikator fisiologis, nilai *code value* tersebut kemudian dihitung menggunakan rumus pembobotan RTS sebagai berikut:

$$RTS = (0.9368 \times GCS) + (0.7326 \times SBP) + (0.2908 \times RR)$$

Jumlah skor RTS yang telah dihitung menggunakan rumus berkisar antara 0 hingga 7,8408 (Abouelfetouh, 2024). Semakin tinggi nilai RTS, semakin baik kondisi fisiologis pasien dan semakin besar peluang untuk bertahan hidup. Sebaliknya, semakin rendah nilai RTS menunjukkan kondisi fisiologis yang semakin buruk serta risiko mortalitas yang semakin tinggi (Wikantama & Widyastuti, 2020).

Dalam penelitian ini, kategorisasi risiko mortalitas didasarkan pada rentang skor RTS yang digunakan oleh Kondo et al pada tahun 2011. Berdasarkan rentang tersebut, skor RTS >7,2 dikategorikan sebagai risiko mortalitas rendah, skor RTS 3,4–7,2 dikategorikan sebagai risiko mortalitas

sedang, dan skor RTS $<3,4$ dikategorikan sebagai risiko mortalitas tinggi (Kondo et al., 2011).

Tabel 2.2 Kategori Risiko Mortalitas Pasien Berdasarkan Skor RTS

<i>Revised Trauma Score (RTS)</i>	Kategori Risiko Mortalitas
$>7,2$	Rendah
$3,4 - 7,2$	Sedang
$<3,4$	Tinggi

(Kondo et al., 2011)

2.3 Konsep Cedera Kepala

2.3.1 Definisi Cedera Kepala

Cedera kepala merupakan kondisi trauma pada kepala yang secara umum mencakup kerusakan pada area wajah, tulang, maupun kulit. Kondisi ini dapat menimbulkan berbagai bentuk luka seperti laserasi, kontusio, abrasi, serta fraktur. Selain itu, trauma pada kepala juga berpotensi menyebabkan cedera pada jaringan otak yang berdampak pada terjadinya perubahan fungsi otak, yang ditandai dengan gejala seperti nyeri kepala, penurunan tingkat kesadaran, kejang, serta gangguan fungsi neurologis lainnya akibat trauma tumpul maupun trauma tajam pada kepala (Kurniawan, 2018).

Cedera kepala adalah kondisi terjadinya kerusakan pada struktur maupun fungsi kepala yang disebabkan oleh adanya trauma atau benturan dari luar (Darmalaksana et al., 2025). Kondisi ini dapat berdampak terhadap kerusakan berbagai struktur kepala, meliputi kulit kepala, tulang tengkorak, selaput otak, hingga jaringan otak itu sendiri. Kerusakan ini dapat menyebabkan gangguan fungsi saraf serta menimbulkan berbagai gejala seperti gangguan kognitif, perubahan perilaku, maupun gangguan fisik (Elfa et al., 2025). Dengan kata lain, cedera kepala adalah trauma akibat kekuatan

eksternal yang menyebabkan kerusakan struktural atau fungsional otak dengan manifestasi klinis yang luas, mulai dari gangguan ringan hingga kondisi yang dapat mengancam jiwa.

2.3.2 Mekanisme Cedera Kepala

Mekanisme cedera kepala menggambarkan proses atau cara terjadinya suatu peristiwa yang menimbulkan trauma pada kepala, termasuk faktor yang menyebabkan terjadinya trauma tersebut. Cedera kepala dapat terjadi apabila terdapat gaya atau energi mekanik yang mengenai dan diteruskan ke jaringan otak sehingga menimbulkan gangguan atau kerusakan pada struktur otak. Beberapa mekanisme yang dapat menyebabkan cedera kepala antara lain sebagai berikut:

1. Akselerasi, yaitu kondisi ketika kepala dalam keadaan tidak bergerak terkena benturan dari benda bergerak
2. Deselerasi, yaitu keadaan ketika kepala tiba-tiba mengalami benturan dengan benda yang tidak bergerak
3. Deformasi, yaitu ketika kepala mengalami benturan yang tidak menimbulkan fraktur pada tulang tengkorak, namun dapat menyebabkan pecahnya pembuluh darah vena yang terletak di permukaan korteks hingga ke dura mater, sehingga memiliki potensi menimbulkan perdarahan subdural.

(Agnes et al., 2020)

2.3.3 Etiologi Cedera Kepala

Cedera kepala berkaitan dengan mekanisme trauma yang menyebabkan energi mekanik langsung pada kepala dan otak. Menurut Kirsanty, dkk (2014, as cited in Agnes et al., 2020) penyebab cedera kepala secara umum dibagi menjadi:

1. Trauma Tumpul

Trauma tumpul merupakan penyebab paling sering cedera kepala yang umumnya terjadi akibat dari kecelakaan lalu lintas, terjatuh dari ketinggian, benturan dengan benda keras, maupun kekerasan fisik. Mekanisme trauma tumpul terjadi akibat perpindahan energi kinetik ke kepala yang menyebabkan kerusakan otak secara menyebar. Tingkat keparahan cedera dipengaruhi oleh proses percepatan dan perlambatan (akselerasi-deselerasi), besarnya benturan, serta gerakan rotasi di dalam kepala. Gerakan rotasi ini dapat menyebabkan otak bergeser dan menimbulkan gesekan antara permukaan otak dengan bagian dalam tengkorak yang tidak rata, sehingga terjadi luka pada jaringan otak, perpindahan cairan, serta perdarahan kecil (petekie) yang mengganggu pembuluh darah otak.

2. Trauma Tajam

Cedera kepala akibat trauma tajam terjadi ketika benda tajam atau proyektil menembus kulit kepala dan tulang tengkorak sehingga menyebabkan kerusakan jaringan otak secara langsung, misalnya pada luka tusuk atau tembak. Tingkat kerusakan bergantung pada kecepatan

benda saat menembus kepala atau otak. Umumnya, kerusakan terjadi pada area yang terkena langsung (lokal). Namun, benda yang bergerak dengan kecepatan tinggi, seperti peluru, dapat mengakibatkan kerusakan otak yang lebih luas. Selain itu, adanya luka terbuka meningkatkan risiko terjadinya infeksi.

2.3.4 Klasifikasi Cedera Kepala

1. Berdasarkan Tingkat Keparahan

George (2009, as cited in Agnes et al., 2020) mengklasifikasikan cedera kepala menjadi 3 kategori berdasarkan skor penilaian GCS meliputi:

- a. Cedera kepala ringan ditandai dengan GCS >13 , pada CT Scan otak tidak ditemukan adanya kelainan, tidak membutuhkan tindakan pembedahan, dan menjalani perawatan di rumah sakit <48 jam.
- b. Cedera kepala sedang ditandai dengan GCS 9-13, pada hasil CT Scan otak terdapat kelainan, membutuhkan tindakan pembedahan untuk lesi intrakranial, dan menjalani perawatan di rumah sakit minimal 48 jam.
- c. Cedera kepala berat ditandai dengan skor GCS <9 yang menandakan adanya gangguan kesadaran berat, risiko kegagalan fungsi otak, serta peningkatan mortalitas.

2. Berdasarkan Perkembangan Cedera

Hayders (2016, as cited in Agnes et al., 2020) membagi cedera kepala berdasarkan perkembangan cedera menjadi:

a. Cedera Kepala Primer

Cedera primer merupakan kerusakan otak yang terjadi secara langsung akibat gaya mekanik, baik berupa trauma tumpul, tembus, maupun ledakan. Bentuk cedera primer meliputi:

- 1) Fraktur tulang tengkorak, yang dapat disertai dengan kontusio (memar atau perdarahan pada jaringan otak). Kontusio ini dapat menyebabkan perdarahan, baik pada lapisan meningeal maupun pada struktur kortikal dan subkortikal akibat trauma.
- 2) Gegar otak yaitu cedera dengan kecepatan rendah yang menimbulkan gangguan fungsi otak sementara tanpa adanya kerusakan struktural yang jelas.
- 3) Laserasi, yaitu robekan pada jaringan atau pembuluh darah otak.
- 4) Cedera aksonal difus, yang terjadi akibat gaya geser traumatis sehingga mengakibatkan kerusakan atau robekan pada serabut saraf disepanjang area *gray matter*.

Cedera primer dapat terjadi dalam dua bentuk, yaitu:

1) Cedera tembus (*open head injury*)

Cedera ini terjadi ketika terdapat luka terbuka pada kepala akibat benda asing (misalnya peluru) yang menembus tengkorak. Kondisi ini biasanya menyebabkan kerusakan yang

terlokalisasi (fokal) sepanjang jalur masuk benda tersebut, termasuk fraktur atau perforasi tengkorak, robekan meninges, serta kerusakan jaringan otak.

2) Cedera non-tembus (*closed head injury*)

Cedera ini terjadi akibat benturan yang tidak disertai dengan masuknya benda asing ke dalam otak. Tengkorak bisa tetap utuh dan tidak terjadi penetrasi pada meninges, tetapi tetap dapat terjadi kerusakan jaringan otak akibat gaya benturan.

b. Cedera Kepala Sekunder

Cedera sekunder didefinisikan sebagai kerusakan lanjutan setelah terjadi cedera primer. Kondisi ini merupakan akibat dari proses patofisiologis yang berkembang secara bertahap. Cedera sekunder meliputi:

- 1) Iskemia, yaitu berkurangnya aliran darah ke otak sehingga suplai oksigen dan nutrisi tidak mencukupi.
- 2) Hipoksia, yaitu kondisi kekurangan oksigen pada jaringan otak.
- 3) Hipotensi atau hipertensi yang dapat memperburuk perfusi otak.
- 4) Edema serebral, yaitu pembengkakan jaringan otak akibat penumpukan cairan.
- 5) Peningkatan TIK, yaitu meningkatnya tekanan di dalam rongga tengkorak yang dapat menyebabkan herniasi otak (pergeseran struktur otak).

- 6) Hiperkapnia, yaitu peningkatan kadar karbon dioksida (CO_2) dalam darah yang dapat memengaruhi fungsi otak.
- 7) Meningitis, yaitu peradangan pada lapisan meninges dan abses otak.
- 8) Perubahan biokimia, meliputi gangguan keseimbangan neurotransmitter serta elektrolit seperti natrium dan kalium.
- 9) Epilepsi, yaitu kejang yang dapat muncul akibat gangguan aktivitas listrik otak pasca cedera.

2.3.5 Patofisiologis Cedera Kepala

Proses patofisiologi cedera kepala dibagi menjadi dua tahap, meliputi cedera otak primer dan cedera otak sekunder. Kerusakan awal timbul akibat adanya pengaruh kekuatan fisik saat trauma, kemudian disertai dengan proses patologis lanjutan yang sebagian besar bersifat menetap. Berdasarkan hal tersebut, Arifin (2013, as cited in Agnes et al., 2020) membagi cedera kepala menjadi:

1. Cedera otak primer

Cedera otak primer merupakan kerusakan langsung yang terjadi akibat pengaruh gaya mekanik pada otak, yang dapat menyebabkan kontusio, laserasi parenkim otak, serta kerusakan akson pada substansia alba hemisfer otak hingga batang otak. Kerusakan ini terjadi segera setelah trauma dan bersifat irreversibel.

2. Cedera otak sekunder

Cedera otak sekunder adalah kerusakan lanjutan akibat gangguan metabolisme sel, keseimbangan ion, hemodinamika intrakranial, dan cairan serebrospinal (CSS). Proses ini terjadi segera setelah trauma, tetapi tidak langsung tampak secara klinis.

Cedera otak sekunder dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya kerusakan sawar darah otak, gangguan perfusi serebral, serta gangguan proses metabolisme dan keseimbangan ion, gangguan hormonal, pelepasan neurotransmitter, infeksi, serta asidosis. Kondisi ini dapat menyebabkan perdarahan intrakranial, edema otak, peningkatan TIK, dan kerusakan jaringan otak lebih lanjut.

Selain itu, sel-sel otak yang berada di sekitar area cedera primer dapat mengalami gangguan fungsi namun masih berpotensi pulih. Akan tetapi, apabila terjadi gangguan lanjutan, sel-sel tersebut dapat mengalami kerusakan melalui mekanisme sekunder. Secara garis besar, cedera sekunder pascatrauma terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu:

- a. Lesi massa, pergeseran garis tengah, dan herniasi, yang meliputi:
 - 1) Perdarahan endothelium (epidural, subdural, dan intraserebral)
 - 2) Edema serebral
- b. Iskemia serebri, yang disebabkan oleh:
 - 1) Penurunan CPP
 - 2) Hipotensi arteri
 - 3) Hipertermia dan infeksi

- 4) Hipokalsemia/anemia dan hipotensi
- 5) Vasospasme serebri dan kejang

Proses inflamasi dapat terjadi segera setelah trauma. Proses ini ditandai dengan aktivasi mediator inflamasi yang menyebabkan dilatasi pembuluh darah, peningkatan permeabilitas kapiler, dan penurunan aliran darah, sehingga terjadi edema dan akumulasi leukosit di area cedera. Sel yang berperan dalam respons inflamasi terutama adalah leukosit *Polymorphonuclear* (PMN) yang muncul dalam 30–60 menit untuk memfagositosis jaringan mati. Jika inflamasi berlanjut, dalam 5–6 jam akan terjadi infiltrasi makrofag dan limfosit yang membantu proses fagositosis.

Inflamasi juga berkontribusi terhadap cedera sekunder, inflamasi yang berlanjut dapat memperparah kerusakan jaringan otak. Neutrofil melekat pada endotel melalui molekul *Intra Cellular Adhesion Molecules-1* (ICAM-1), yang dapat mengganggu aliran mikrosirkulasi. Selain itu, neutrofil juga melepaskan radikal bebas serta mediator inflamasi (prostaglandin dan leukotrien) yang dapat memperparah kerusakan jaringan otak. Kombinasi cedera primer dan cedera sekunder yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kegagalan organ vital dan berujung pada kematian pada pasien cedera kepala.

2.3.6 Manifestasi Klinis Cedera Kepala

Cedera kepala dapat menimbulkan berbagai gejala dalam jangka panjang yang ditandai dengan gangguan fungsi kognitif, emosional, maupun fisik. Manifestasi yang dapat muncul antara lain meliputi (Agnes et al., 2020):

1. Peningkatan TIK dengan tanda dan gejala:
 - a. Trias TIK, meliputi penurunan tingkat kesadaran, gelisah, papil edema, serta muntah proyektil.
 - b. Penurunan fungsi neurologis, seperti perubahan kemampuan bicara, perubahan respon pupil, serta gangguan sensorik dan motorik.
 - c. Keluhan sakit kepala, mual, dan gangguan penglihatan seperti pandangan kabur
2. Fraktur tengkorak dengan manifestasi:
 - a. Keluarnya CSS atau darah dari telinga maupun hidung.
 - b. Adanya perdarahan di belakang membran timpani (*otorrhea*).
 - c. Perdarahan dari hidung (*Rhinorrhea*)
 - d. Ekimosis pada daerah periorbital.
 - e. *Battle's sign*, yaitu memar di daerah mastoid
2. Komosio serebri dengan manifestasi berupa:
 - a. Keluhan sakit kepala dan pusing
 - b. Retrograde amnesia, yaitu kehilangan ingatan terhadap kejadian sebelum trauma.
 - c. Penurunan kesadaran selama ≥ 5 menit.
3. Kontusio serebri, yang ditandai dengan:
 - a. Terjadi pada injuri berat, sering kali disertai fraktur servikal.
 - b. Peningkatan TIK.
 - c. Munculnya tanda dan gejala herniasi otak.
 - d. Kontusio pada batang otak.

2.3.7 Penatalaksanaan Cedera Kepala

Pada pasien yang mengalami cedera kepala, khususnya dengan adanya cedera otak traumatik, *primary survey* harus segera dilakukan sebelum tindakan lanjutan. Kondisi seperti hipoksia, hiperkapnia, dan hipotensi perlu segera ditangani karena dapat memperburuk kondisi dan memicu terjadinya cedera otak sekunder.

1. Manajemen *Airway* (Jalan Napas)

Penatalaksanaan awal dapat dilakukan dengan mendeteksi adanya sumbatan jalan napas, baik sebagian maupun total, karena obstruksi saluran napas atas merupakan penyebab paling awal terjadinya distress pernapasan. Pembebasan jalan napas dapat dilakukan dengan pemasangan alat bantu seperti *Oropharyngeal Airway* (OPA) atau *Nasopharyngeal Airway* (NPA) sesuai dengan tingkat kesadaran pasien, serta dilakukan suction apabila terdapat muntahan, sekret, atau darah di area orofaring. Selain itu, pada pasien dengan trauma tumpul, khususnya yang mengalami penurunan kesadaran, cedera kepala, atau keluhan neurologis, perlu dilakukan imobilisasi servikal dengan teknik stabilisasi in-line menggunakan kerah leher *cervical collar* untuk mencegah cedera lebih lanjut. Ketidakmampuan pasien untuk mengeluarkan suara dapat mengindikasikan terjadinya obstruksi total jalan napas atas, yang juga ditandai dengan tidak adanya ekspansi dinding dada atau munculnya gerakan dada paradoks. Sementara itu, suara mendengkur menunjukkan adanya sumbatan parsial akibat jatuhnya lidah, sedangkan suara stridor

mengarah pada obstruksi parsial di tingkat laring atau trakea. Tindakan intubasi diindikasikan pada kasus cedera otak traumatik dengan GCS < 9 (Wardhana, 2023).

2. Manajemen *Breathing* (Pernapasan)

Hipoksia dapat timbul akibat ventilasi yang tidak adekuat serta berkurangnya suplai oksigen ke jaringan. Setelah airway dibebaskan, kualitas dan kuantitas ventilasi perlu dievaluasi melalui *metode look, listen, feel*. Apabila pasien tidak bernapas, maka segera lakukan ventilasi bantuan. Jika pasien masih bernapas, lakukan penilaian terhadap kecukupan ventilasinya. Amati pergerakan dada saat bernapas dan dengarkan bunyi napas, terutama pada pasien dengan penurunan kesadaran. Untuk memperoleh penilaian kondisi pernapasan yang lebih tepat, dianjurkan menggunakan pulse oksimetri. Bila ditemukan distress pernapasan, maka rongga pleura harus segera dikeluarkan udara dan darahnya dengan pemasangan drainase toraks tanpa menunggu pemeriksaan radiologi (Agnes et al., 2020).

3. Manajemen *Circulation* (Sirkulasi)

Pemeriksaan kualitas dan frekuensi nadi perlu dilakukan, diikuti pemasangan jalur intravena serta pengambilan sampel darah. Resusitasi cairan menggunakan normal salin dan kontrol perdarahan eksternal harus segera dilakukan untuk mempertahankan perfusi otak yang adekuat. Pada usia 50–69 tahun tekanan darah sistolik perlu dipertahankan ≥ 100 mmHg dan pada usia 15–49 tahun atau >70 tahun dipertahankan ≥ 110 mmHg.

Pada cedera kepala murni, hipotensi jarang terjadi, sehingga jika ditemukan perlu dicurigai adanya syok hipovolemik akibat multitrauma atau perdarahan masif, seperti pada laserasi kulit kepala. Selain itu, kadar hemoglobin yang rendah dapat memperburuk luaran cedera otak traumatik, sehingga transfusi darah diperlukan pada kasus dengan perdarahan berat di regio lain (Wardhana, 2023).

4. Manajemen *Disability* (Kesadaran/Neurologi)

Penilaian *disability* dilakukan dengan evaluasi cepat status neurologis menggunakan GCS. Penilaian GCS mencakup tiga komponen, yaitu respons buka mata, respons verbal, dan respons motorik, di mana setiap nilai dari masing-masing komponen dijumlahkan untuk memperoleh skor akhir (Wardhana, 2023).

2.4 Jurnal Yang Relevan

Tabel 2.3 Jurnal Relevan Representasi Risiko Mortalitas Pasien Cedera Kepala Berdasarkan *Revised Trauma Score* (RTS) di IGD RSI Sakinah Mojokerto

No.	Judul, Author, Tahun	Metode Penelitian	Hasil
1.	Sistem <i>Revised Trauma Score</i> (RTS) Sebagai Prediktor Mortalitas Pasien Cedera Otak Traumatik Di RSUP Dr. Sardjito (Wikantama & Widyastuti, 2020)	Desain: <i>Observasional Kohort Retrospektif</i> Sampel: seluruh pasien cedera otak traumatik periode 1 Januari – 31 desember 2018 yang sesuai dengan kriteria eksklusi dan inklusi Variabel: Mortalitas pasien cedera kepala Instrumen: <i>RTS</i> Analisa Data: AUC (ROC), <i>Youden Indeks Cut of point</i>	Dari 325 pasien cedera otak Pada kelompok yang dilakukan operasi, angka kematian sebesar 16,9%, sedangkan pada pasien yang tidak diindikasikan operasi sebesar 9,6%. Sementara itu, seluruh pasien yang tidak layak operasi mengalami kematian (100%). (RTS) memiliki nilai prediktif yang tinggi dalam memperkirakan risiko mortalitas pada

Tabel 2.3 Lanjutan

			pasien dengan cedera otak traumatik. Semakin rendah nilai RTS yang diperoleh, maka semakin besar risiko mortalitas pasien
2.	Efektivitas RTS Dan REMS Untuk Memprediksi <i>Outcome</i> Pasien Cedera Kepala Di Ruang Instalasi Gawat Darurat RSUD Ulin Banjarmasin (Elfa et al., 2025)	Desain: <i>observasional analitik dengan kohort retrospektif</i> Sampel: 75 pasien yang ditentukan oleh kriteria inklusi Variabel: I: <i>Revised Trauma Score (RTS)</i> dan <i>Rapid Emergency Medicine Score (REMS)</i>. D: <i>outcome</i> pasien dengan cedera kepala Instrumen: lembar penilaian RTS dan REMS Analisa Data: - Analisis bivariat digunakan untuk menguji keterkaitan atau hubungan antara variabel bebas dengan variabel terikat - Uji <i>AUROC</i> untuk mengevaluasi kemampuan prediktif RTS dan REMS	Hasil menunjukkan bahwa RTS dan REMS memiliki hubungan yang signifikan terhadap <i>outcome</i> pasien ($p < 0,05$) Dari 75 pasien, Pada kelompok risiko tinggi terdapat , 4 dari 7 (5,3%) selamat dan 3 (4,0%) meninggal, pada kelompok risiko rendah, 65 dari 68 (86,7%) selamat dan 3 (4,0%) meninggal. RTS dan REMS efektif dalam memprediksi <i>outcome</i> pasien cedera kepala
3.	Perbandingan Penilaian <i>Revised Trauma Score</i> dan <i>Injury Severity Score</i> dalam Memprediksi Mortalitas Pasien Cedera Kepala di IGD RSUD Dr. H. Moch Ansari Saleh (Norhaliza et al., 2025)	Desain: <i>quasi experiment dengan rancangan one shot case study (post-test only design)</i> Sampel: 30 responden yang dipilih dengan teknik <i>non-probability accidental sampling</i> Variabel: I: Skor RTS (<i>Revised Trauma Score</i>), Skor ISS (<i>Injury Severity Score</i>) D: Mortalitas pasien Instrumen: lembar observasi RTS dan ISS Analisa Data:	nilai $p = 0,001 < 0,05$, yang berarti terdapat perbedaan signifikan antara RTS dan ISS dalam memprediksi mortalitas. Berdasarkan RTS menunjukkan bahwa 80% pasien berada pada kategori risiko berat (RTS 7–8), sedangkan 20% pasien termasuk dalam kategori risiko mortalitas sangat berat ($RTS \leq 6$). Tidak terdapat pasien dalam kategori

Tabel 2.3 Lanjutan

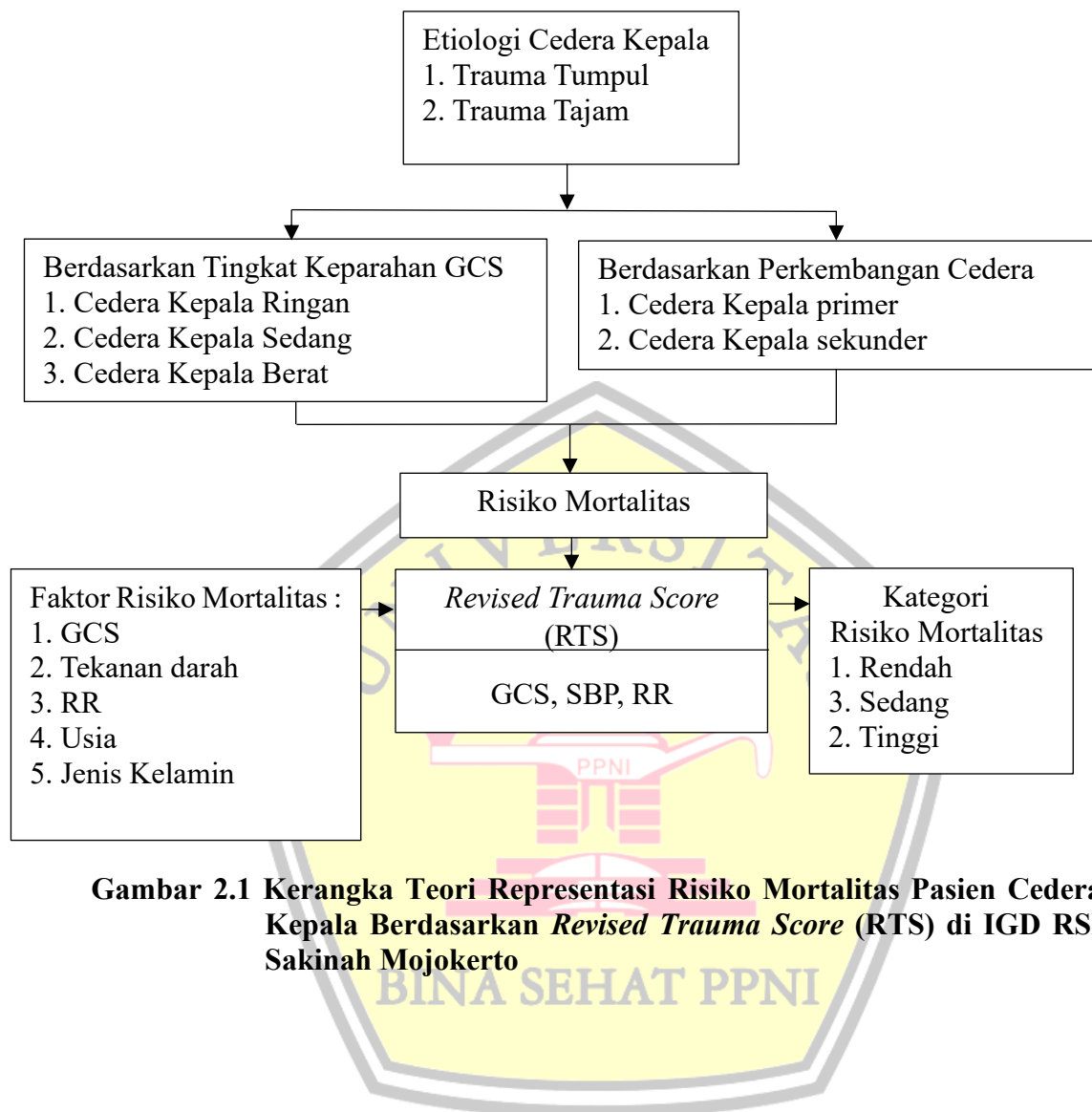
		- Analisa univariat untuk menggambarkan karakteristik responden, distribusi skor RTS dan ISS, serta angka mortalitas pasien - Uji <i>Wilcoxon signed rank test</i> Untuk menganalisis perbedaan kemampuan RTS dan ISS dalam memprediksi mortalitas	risiko mortalitas sedang pada penelitian ini. RTS dan ISS sama-sama dapat diandalkan untuk memprediksi mortalitas, tetapi RTS lebih efisien karena dapat diterapkan dengan cepat pada proses triase maupun survei awal.
4.	Hubungan antara <i>Revised Trauma Score</i> (RTS) dengan Kematian akibat Cedera Kepala Di Instalasi Gawat Darurat (Padaruntung et al., 2023)	Desain: <i>Analitik Korelasi</i> dengan pendekatan <i>Cross Sectional</i> Sampel: 30 responden secara <i>nonprobability sampling</i> dengan teknik <i>total sampling</i> Variabel: I: <i>Revised Trauma Score</i> (RTS) D: Kematian Instrumen: Lembar observasi RTS dan mortalitas Analisa Data: - Analisa univariat untuk mendapatkan gambaran distribusi dan frekuensi variabel - uji <i>chi square</i> untuk menentukan hubungan antara <i>Revised Trauma Score</i> dengan angka mortalitas terhadap pasien cedera kepala	Nilai variabel p value=0,000 di mana lebih kecil dari nilai α =0,05 Maka H_0 ditolak dan H_a diterima Dari 30 responden, sebagian besar termasuk dalam kategori RTS ringan yaitu sebesar 60%, sedangkan 40% lainnya termasuk dalam kategori RTS berat. Pada kelompok RTS berat, tercatat 9 responden (30%) mengalami kematian dan 3 responden (10%) masih hidup dalam kurun waktu kurang dari 6 jam pertama. Sementara itu, pada kelompok RTS ringan, seluruhnya yaitu 18 responden (60%) tercatat bertahan hidup. Terdapat hubungan antara <i>Revised Trauma Score</i> dengan mortalitas cedera kepala.
5.	Analisis Penilaian Triage dan <i>Revised Trauma Score</i> Dalam Memprediksi Mortalitas Pada Pasien Trauma Kepala	Desain: <i>analitik observasional</i> dengan pendekatan <i>cross-sectional</i> Sampel: 89 pasien yang diambil menggunakan <i>Simple Random Sampling</i> Variabel:	Hasil penilaian RTS menunjukkan bahwa mayoritas responden termasuk dalam kategori ringan, yaitu sebanyak 76 orang (85,4%) dan tidak mengalami mortalitas.

Tabel 2.3 Lanjutan

	(Maulida & Khotimah, 2020)	I: Penilaian Triage dan Revised Trauma Score D: Mortalitas Pada Pasien Trauma Kepala Instrumen: lembar observasi Analisa Data: <i>Chi-square</i>	Pada kategori berat, terdapat 12 responden (13,5%) dan seluruhnya mengalami mortalitas. Sementara itu, kategori serius hanya ditemukan pada 1 responden (1,1%) yang juga mengalami mortalitas. Adapun kategori sedang tidak dijumpai pada seluruh responden (0,0%). RTS) dapat dimanfaatkan sebagai indikator dalam memprediksi risiko mortalitas pada pasien dengan cedera kepala
--	----------------------------	--	--

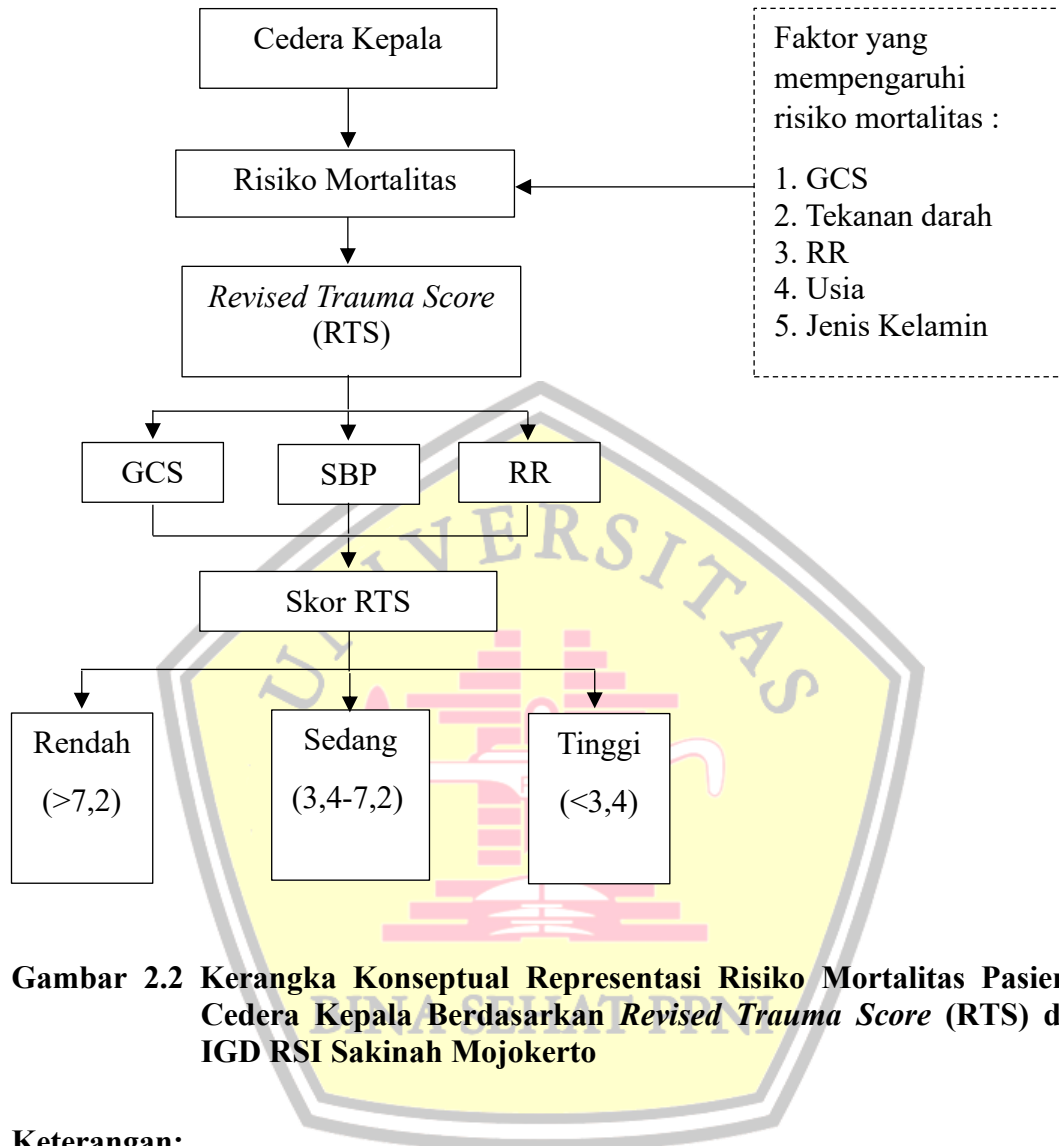


2.5 Kerangka Teori



Gambar 2.1 Kerangka Teori Representasi Risiko Mortalitas Pasien Cedera Kepala Berdasarkan Revised Trauma Score (RTS) di IGD RSI Sakinah Mojokerto

2.6 Kerangka Konseptual



Gambar 2.2 Kerangka Konseptual Representasi Risiko Mortalitas Pasien Cedera Kepala Berdasarkan *Revised Trauma Score* (RTS) di IGD RSI Sakinah Mojokerto

Keterangan:

: Diteliti

: Tidak Diteliti