

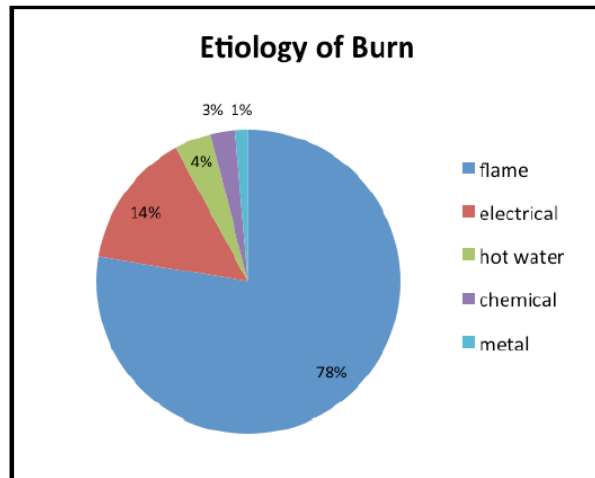
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Luka bakar

2.1.1 Definisi dan Etiologi Luka Bakar

Luka bakar merupakan cedera pada jaringan akibat kontak dengan panas, api, bahan kimia, listrik, atau radiasi.¹⁴ Menurut sebuah studi penelitian yang dilakukan di RSCM pada tahun 2011-2012 melaporkan jumlah pasien luka bakar sebanyak 257 pasien. Dengan rerata usia 28 tahun (2,5 bulan – 76 tahun), dengan rasio laki-laki : perempuan adalah 2,7 : 1. Terdapat luka bakar karena api (54,9 %), diikuti luka bakar karena air panas (29,2%), luka bakar listrik (12%) dan luka bakar kimia (3,1%).¹⁵



Gambar 1 : Etiologi Luka Bakar¹⁵

2.1.2 Epidemiologi Luka Bakar

Luka bakar adalah masalah kesehatan yang sangat global. Menurut WHO, pada tahun 2016 diperkirakan 265.000 kematian setiap tahun disebabkan oleh luka bakar, dan hampir setengah kejadian luka bakar terjadi di Asia Tenggara. Mayoritas kejadian ini terjadi di negara berpenghasilan rendah sampai menengah. Sedangkan pada negara dengan penghasilan tinggi, angka kematian akibat luka bakar sudah menurun setiap tahunnya. Dan tingkat kematian anak karena luka bakar 7 kali lebih tinggi di negara berpenghasilan rendah sampai menengah daripada negara dengan penghasilan tinggi.¹⁶

Menurut WHO, terdapat beberapa data negara :

1. Di India, lebih dari 1.000.000 orang setiap tahun terluka dari derajat sedang hingga berat akibat luka bakar.
2. Hampir 173.000 anak-anak setiap tahun di Bangladesh tercatat memiliki kecacatan derajat sedang hingga berat akibat luka bakar.
3. Dan pada tahun 2008, lebih dari 410.000 kejadian luka bakar terjadi di Amerika Serikat, dengan 40.000 orang membutuhkan perawatan medis.

Kasus luka bakar ini kebanyakan terjadi di rumah dan di tempat kerja. Survey di Bangladesh dan Ethiopia menunjukkan bahwa 80-90% luka bakar terjadi di rumah. Menurut data terbaru, wanita mempunyai resiko lebih tinggi dibandingkan pria, hal

ini dikarenakan wanita kerap melakukan pekerjaan rumah yang berhubungan dengan psumber panas misalnya memasak, atau menyetrika. ¹⁶

Adapun faktor resiko lain adalah anak-anak, karena seringkali sebagai orangtua lalai dalam mengawasi putra putri mereka dalam bermain atau melakukan aktifitas yang berdekatan dengan sumber panas. ¹⁶

2.1.3 Klasifikasi Kedalaman Luka Bakar

Berdasarkan kedalaman jaringan yang rusak akibat luka bakar tersebut, Di Maio mengklasifikasikan menjadi derajat I,II,III,dan IV. ¹⁷

1. Luka Bakar Derajat I

Kerusakan hanya terjadi di permukaan kulit. Kulit akan tampak kemerahan, tidak ada bulla, sedikit oedem dan nyeri, dan tidak akan menimbulkan jaringan parut setelah sembuh.

2. Luka Bakar Derajat II

Kerusakan mengenai sebagian dari ketebalan kulit yang melibatkan semua epidermis dan sebagian dermis. Pada kulit akan ada bulla, sedikit edem, dan nyeri berat.

3. Luka Bakar Derajat III

Kerusakan terjadi pada semua lapisan kulit dan ada nekrosis. Lesi tampak putih dan kulit kehilangan sensasi rasa, dan akan menimbulkan jaringan parut setelah luka sembuh.

4. Luka Bakar Derajat IV

Luka Bakar ini disebut juga *carring injury*. Pada luka bakar ini kulit tampak hitam seperti arang karena terbakarnya jaringan. Terjadi kerusakan seluruh kulit dan jaringan subkutan begitu juga pada tulang akan gosong.

2.1.4 Klasifikasi Derajat Luka Bakar

Berdasarkan derajat keparahannya, luka bakar dibagi menjadi 3 jenis yaitu yang bersifat ringan, sedang, dan berat. Berikut ini adalah klasifikasinya¹⁷ :

1. Derajat Ringan (Minor Burns)

- Luka bakar derajat dua pada dewasa dengan luas permukaan tubuh kurang dari 15%.
- Luka bakar derajat dua pada anak dengan luas permukaan tubuh kurang dari 10%.
- Luka bakar derajat tiga pada anak atau dewasa dengan luas permukaan tubuh kurang dari 2%.

2. Derajat Sedang (Moderate Burns)

- Luka bakar derajat dua pada dewasa yang melibatkan 15 – 25% luas permukaan tubuh.
- Luka bakar derajat dua pada anak yang melibatkan 10 – 20% luas permukaan tubuh.

- Luka bakar derajat tiga pada anak atau dewasa yang melibatkan 10% luas permukaan tubuh.

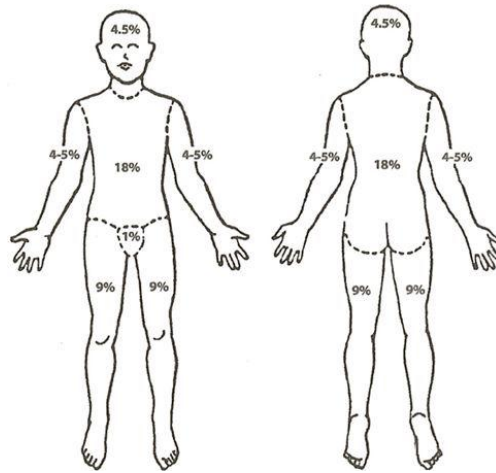
3. Derajat Berat (Major Burn)

- Pada dewasa, luka bakar derajat dua yang melibatkan lebih dari 25% luas permukaan tubuh.
- Pada anak, luka bakar derajat dua yang melibatkan lebih dari 20% luas permukaan tubuh.
- Pada anak atau dewasa, luka bakar derajat tiga yang melibatkan lebih dari 10% luas permukaan tubuh.
- Cedera inhalasi.
- Luka bakar listrik.
- Luka bakar dengan trauma tambahan (trauma kepala, trauma intraabdomen, fraktur).
- Luka bakar pada kehamilan.
- Penyakit komorbid yang menyertai luka bakar (diabetes melitus, penggunaan kortikosteroid, imunosupresi).

2.1.5 Luas Permukaan Tubuh Terbakar Berdasarkan *Rules of Nines*

Luka bakar dapat diklasifikasikan berdasarkan luas luka bakar dan derajat luka bakar. Patokan yang masih dipakai dan diterima luas adalah mengikuti Rules of

Nines dari Wallace. Luka bakar yang terjadi pada daerah muka dan leher jauh lebih berbahaya dibandingkan luka bakar di tungkai bawah.¹⁸



Gambar 2 : Diagram *Rules of Nine*¹⁸

Kepala dan leher	9%
Lengan (masing-masing 9%).....	18%
Badan Depan	18%
Badan Belakang 18%	36%
Tungkai (Masing-masing 18%)	36%
Genitalia/perineum	1%
Total.....	100%

2.2 Definisi Intravital, Perimortem dan Postmortem

Dalam ilmu forensik, hubungan antara waktu kematian dan kejadian trauma dapat dibagi menjadi tiga, yaitu intravital atau antemortem, perimortem, dan postmortem. Intravital atau antemortem trauma berarti dapat di definisikan sebagai trauma sebelum kematian. Pada perimortem trauma di definisikan sebagai trauma yang terjadi sekitar waktu kejadian kematian. Sedangkan postmortem trauma diartikan sebagai trauma yang terjadi setelah kejadian kematian.¹⁹

2.3 Kematian pada Luka Bakar

Ada berbagai macam penyebab kematian pada luka bakar, antara lain syok neurogenik, hipovolemik, asfiksia, dan sepsis. Setiap korban kebakaran api harus dicurigai adanya intoksikasi gas CO. Sekitar 50% kematian akibat luka bakar berhubungan dengan trauma inhalasi dan hipoksia dini menjadi penyebab kematian lebih dari 50% kasus trauma inhalasi. Intoksikasi gas CO merupakan akibat yang serius dari kasus inhalasi asap dan diperkirakan lebih dari 80% penyebab kefatalan yang disebabkan oleh trauma inhalasi.²⁰

2.4 Otak

2.4.1 Serebrum : Pusat Integrasi Paling Canggih

Serebrum merupakan bagian terbesar otak, dibagi menjadi dua bagian yaitu hemisfer kanan dan hemisfer kiri. Tiap-tiap hemisfer terdiri dari satu lapisan tipis

substansia grisea di sebelah luar dan substansia alba di bagian dalam. Substansia grisea terdiri dari badan sel neuron dan dendrit yang tersusun padat serta sebagian besar sel glia, sedangkan berkas atau traktus serta saraf bermielin (akson) akan membentuk substansia alba. Substansia grisea dapat dikatakan sebagai “computer” dan substansia alba sebagai “kabel” yang menghubungkan computer-computer tersebut.^{21,22}

Integrasi masukan saraf dan inisiasi keluaran saraf berlangsung di sinaps dalam substansia grisea. Traktus saraf di substansia alba menyalurkan sinyal dari satu bagian korteks serebrum ke bagian yang lain.

Korteks cerebrum tersusun menjadi enam lapisan yang berbatas tegas dan kolom-kolom vertikal fungsional yang meluas tegak lurus sekitar 2 mm dari permukaan korteks ke bawah menembus ketebalan korteks ke substansia alba di bawahnya. Terdapat perbedaan fungsional antara berbagai area korteks yang ditimbulkan oleh perbedaan pola pembentukan lapisan di dalam kolom dan oleh perbedaan koneksi masukan-keluaran, bukan karena perbedaan jenis sel tertentu atau perbedaan mekanisme saraf.²²

Terdapat daerah fungsional utama korteks serebrum yang terbagi menjadi empat lobus : lobus oksipitalis, lobus temporalis, lobus parietalis, dan lobus frontalis yang mempunyai fungsi dan peran masing-masing.^{21,22}

Lobus oksipitalis, terletak di posterior bertugas melaksanakan pemrosesan awal masukan penglihatan. Sedangkan sensasi suara di terima oleh lobus temporalis, yang terletak di lateral. Lobus parietal dan frontalis terletak di bagian atas kepala

yang dipisahkan oleh sulkus sentralis. Lobus parietal berperan utama dalam menerima dan memroses masukan sensorik. Lobus frontalis berperan dalam tiga fungsi utama : (1) aktivitas volunter,(2) kemampuan berbicara , dan (3) elaborasi pikiran.²³

2.4.2 Batang Otak

Batang otak adalah bagian penyangga otak. Secara struktural, dibagi menjadi : medulla oblongata, pons, dan otak tengah. Ketiga struktur secara singkat dijelaskan di bawah ini. anatomi penampang batang otak sedikit kompleks, mengingat jalur melintasi beberapa inti saraf kranial. Batang otak merupakan penghubung vital antara korda spinalis dan bagian-bagian otak yang lebih tinggi.²¹

Fungsi batang otak mencakup sebagai berikut :

1. Sebagian besar dari 12 pasang saraf kranialis berasal dari batang otak. Dengan satu pengecualian utama, yaitu saraf kranialis X, saraf vagus yang merupakan saraf utama sistem saraf parasimpatis. Sebagian besar cabang nervus vagus menyarafi organ-organ di rongga toraks dan abdomen Berbeda dengan saraf yang lain fokus menyarafi bagian kepala dan leher dengan serat sensorik dan motorik.
2. Di batang otak terkumpul kelompok-kelompok neuron atau pusat yang mengontrol fungsi jantung dan pembuluh darah, pernapasan, dan banyak aktivitas pencernaan.

3. Batang otak berperan dalam mengatur reflex otot yang terlibat dalam keseimbangan dan postur.
4. Terdapat suatu anyaman neuron-neuron yang saling berhubungan yang disebut formasio retikularis yang meluas di seluruh batang otak dan masuk ke dalam thalamus. Jaringan ini menerima dan mengintegrasikan semua masukan sinaptik sensorik yang datang. Serat-serat ascendens yang berasal dari formasio retikularis membawa sinyal ke atas untuk membangunkan dan mengaktifkan korteks serebrum. Serat-serat ini membentuk *reticular activating system* (RAS) yang mengontrol derajat keseluruhan kewaspadaan korteks dan penting dalam kemampuan untuk mengarahkan perhatian. Sebaliknya, serat-serat descendens dari korteks terutama daerah motoriknya, dapat mengaktifkan RAS.
5. Pusat-pusat yang mengatur tidur secara tradisional dianggap terdapat di dalam batang otak.

2.4.3 Serebelum

Serebelum terdiri dari tiga bagian yang secara fungsional berbeda dengan peran berbeda yang terutama berkaitan dengan control bawah sadar aktivitas motoric.

Secara spesifik, bagian serebelum melakukan fungsi-fungsi berikut^{21,22,23} :

1. Vestibuloserebelum bertugas mempertahankan keseimbangan dan control gerakan mata.

2. Spinocerebelum bertugas meningkatkan tonus otot dan mengkoordinasikan gerakan volunteer terampil. Bagian otak ini sangat penting dalam memastikan waktu yang tepat bagi kontraksi berbagai otot untuk mengkoordinasikan gerakan yang melibatkan banyak sendi dan memastikan gerakan mulus, tepat, dan terarah, terutama penting untuk aktivitas-aktivitas yang cepat berubah misalnya mengetik, bermain piano, atau berlari.
3. Serebroserebelum bertugas dalam perencanaan dan inisiasi aktivitas volunteer dengan memberikan masukan ke daerah motoric korteks. Daerah ini juga merupakan bagian serebelum yang menyimpan ingatan prosedural.

2.4.4 Sistem Saraf Manusia

Sistem saraf dibagi menjadi sistem saraf pusat (SSP) yang terdiri dari otak dan medulla spinalis dan sistem saraf tepi (SST) yang terdiri dari serat-serat saraf yang membawa informasi antara SSP dan bagian tubuh lain. SST dibagi menjadi menjadi divisi aferen dan eferen. Divisi aferen membawa informasi ke SSP, memberi tahu tentang lingkungan eksternal dan aktivitas internal yang sedang diatur oleh susunan saraf. Instruksi dari SSP disalurkan melalui divisi eferen ke organ efektor (otot atau kelenjar) yang melaksanakan perintah agar dihasilkan efek yang sesuai. Sistem saraf eferen dibagi menjadi sistem saraf somatic, yang terdiri dari serat-serat beuron

motoric yang menyarafi otot rangka; dan sistem saraf autonom, yang terdiri dari serabut-serabut yang menyarafi otot polos, otot jantung, dan kelenjar. Dan sistem yang terakhir ini dibagi lagi menjadi sistem saraf simpatis dan sistem saraf parasimpatis, keduanya menyarafi sebagian besar organ yang disarafi oleh sistem saraf autonom. ²¹

Perlu diketahui bahwa semua “sistem saraf” ini sebenarnya adalah subdivisi dari satu sistem saraf terpadu. Sistem-sistem ini dibagi berdasarkan perbedaan dalam struktur, lokasi, dan fungsi berbagai bagian sistem saraf keseluruhan. ²¹

2.4.4.1 Susunan Saraf

Sekitar 90% sel di dalam SSP bukanlah neuron, melainkan sel glia atau neuroglia. Meskipun berjumlah besar, sel glia hanya menempati sekitar separuh volume otak karena sel ini tidak membentuk cabang sebanyak yang dimiliki oleh neuron. Tidak seperti neuron, sel glia tidak membentuk atau menyalurkan impuls saraf. Namun, sel ini berkomunikasi dengan neuron melalui sinyal kimiawi.

Terdapat empat jenis utama sel glia di SSP yaitu : *astrodit*, *oligodendrosit*, *mikroglia*, dan *sel ependimal* yang masing-masing mempunyai peran dan fungsi sendiri. ²¹

2.4.4.1.1 Astrosit

Diberi nama astrosit karena berbentuk seperti bintang (astro artinya “bintang”; sit artinya “sel”) adalah sel glia yang paling banyak ditemukan di

substansia grisea dan terdiri dari dua jenis : astrosit fibrosa (*astrocytus fibrosus*) dan astrosit protoplasmik (*astrocytus prtoplasmosicus*).Sel ini memiliki sejumlah fungsi penting, antara lain^{21,23} :

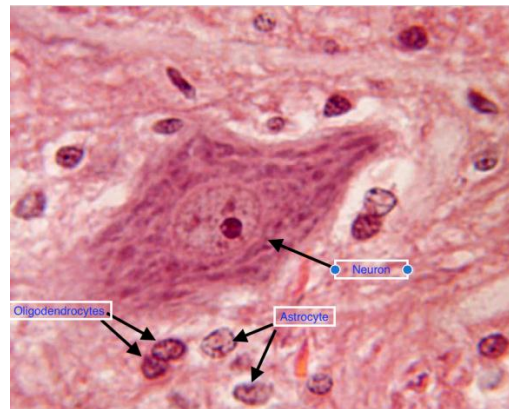
1. Sebagai “lem” (glia artinya “lem”) utama SSP, astrosit menyatukan neuron-neuron dalam hubungan ruang yang benar.
2. Astrosit berfungsi sebagai perancah untuk menuntun neuron ke tujuan akhirnya selama perkembangan otak masa janin.
3. Sel-sel glia ini memicu pembuluh darah halus otak (kapiler) menjalani perubahan anatomic dan fungsional yang berperan dalam pembentukan sawar darah otak, suatu pembatas antara darah dan otak yang sangat selektif.
4. Astrosit membantu memindahkan nutrient dari darah ke neuron.
5. Sel ini berperan dalam perbaikan cedera otak dengan membentuk jaringan parut saraf.
6. Astrosit menyerap dan menguraikan beberapa neurotransmitter. Sel astrosit menyerap dan menguraikan glutamat dan gama-amino butirict acid (GABA), yang masing-masing adalah neurotransmitter eksitatorik dan inhibitorik, sehingga kerja pembawa-pembawa pesan kimiawi ini terhenti.
7. Astrosit juga menyerap kelebihan K^+ dari CES (Cairan EkstraSeluler) otak ketika aktivitas potensial aksi yang tinggi mengalahkan kemampuan

pompa Na-K mengembalikan K^+ ke luar neuron (ingat bahwa K^+ meninggalkan neuron ketika fase repolarisasi).

8. Astrosit bersama sel glia lain meningkatkan pembentukan sinaps dan modifikasi transmisi sinaps.

2.4.4.1.2 Oligodendrosit

Oligodendrosit membentuk selubung myelin di sekitar akson di SSP. Oligodendrosit memiliki beberapa juluran memanjang, yang masing-masing membungkus akson antarneuron untuk membentuk segmen myelin.²³

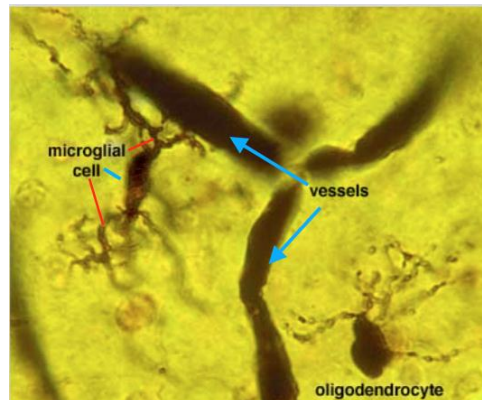


Gambar 3 : Histologi astrosit dan oligodendrosit²⁴

2.4.4.1.3 Mikroglia

Mikroglia adalah sel pertahanan imun SSP. Dalam keadaan istirahat, mikroglia adalah sel “berbulu” dengan banyak cabang panjang memancar keluar. Namun, jika terjadi masalah di SSP, mikroglia menarik cabangnya, membulat, dan

menjadi sangat mobil serta bergerak menuju daerah yang bermasalah untuk menyingkirkan semua benda asing atau sisa jaringan dengan fagositosis.²³



Gambar 4 : Histologi mikroglia²⁴

2.4.4.1.4 Sel Ependimal

Sel ependymal merupakan sel epitel kolumnar pendek atau selapis kuboid yang melapisi ventrikel otak dan kanalis sentralis medula spinalis. Bagian apeks mengandung silia dan mikrovili. Silia mempermudah aliran serebrospinal melalui kanalis sentralis medulla spinalis, sedangkan mikrovili memiliki fungsi penyerapan.²³

2.5 Otak Terhadap Luka Bakar

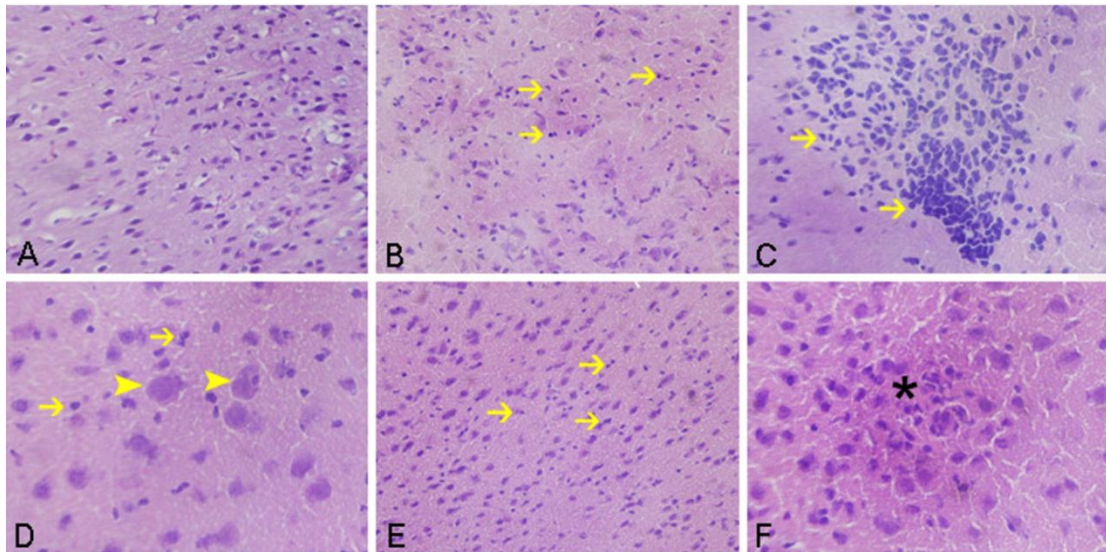
Ada tiga mekanisme yang menyebabkan cedera pada trauma inhalasi, yaitu kerusakan jaringan karena suhu yang sangat tinggi, iritasi paru-paru dan asfiksia. Hipoksia jaringan terjadi karena sebab sekunder dari beberapa mekanisme. Proses pembakaran menyerap banyak oksigen, dimana di dalam ruangan sempit

seseorang akan menghirup udara dengan konsentrasi oksigen yang rendah sekitar 10-13%. Penurunan fraksi oksigen yang diinspirasi (FIO₂) akan menyebabkan hipoksia. Dengan terhirupnya CO maka molekul oksigen digantikan dan CO secara reversible berikatan dengan hemoglobin sehingga membentuk carboxyhemoglobin (COHb). Hipoksia jaringan dapat terjadi akibat penurunan secara menyeluruh pada kemampuan pengantaran oksigen dalam darah, akibatnya otak juga mengalami penurunan kebutuhan oksigen.^{20,25}

Karbonmonoksida mempengaruhi berbagai organ di dalam tubuh, organ yang paling terganggu adalah organ yang mengkonsumsi oksigen dalam jumlah besar, seperti otak dan jantung. Beberapa literatur menyatakan bahwa hipoksia ensefalopati yang terjadi akibat dari keracunan CO adalah karena injuri reperfusi dimana peroksidasi lipid dan pembentukan radikal bebas yang menyebabkan mortalitas dan morbiditas. Efek toksisitas utama adalah hasil dari hipoksia seluler yang disebabkan oleh gangguan transportasi oksigen.²⁵

Oleh karena itu, efek hipoksia karena menghirup asap pada SSP dan luka bakar akibat dari paparan api diselidiki dalam penelitian ini dengan melihat sel inflamatorik dan vasodilatasi vaskuler.

2.6 Gambaran Otak pada Luka Bakar

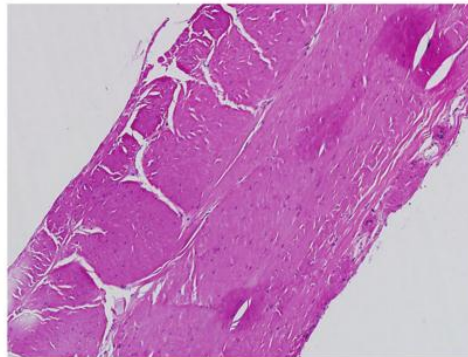


Histologi peradangan pada otak dengan pewarnaan H&E. (A) Kontrol pada cortex cerebral tikus (B,C,D) 8 jam setelah dibakar, (E,F) 24 jam setelah dibakar. →: leukocyte, ➤: neurosis, *: microabscess.

Gambar 5 : Histologi Peradangan pada Cerebral Setelah Di Bakar pada Tikus²⁶

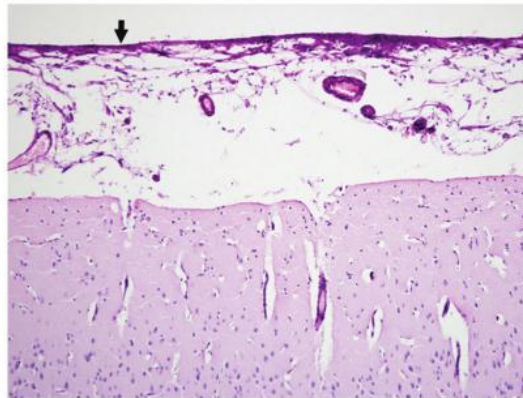
Sel endotel kapiler bengkak dan jumlah *pinocytotic vesicle* meningkat. Kapiler-kapiler dikelilingi oleh beberapa sel neuroglial dan leukosit. Perubahan morfologi ini mengindikasikan bahwa *blood-brain barrier* terganggu dan terjadi peningkatan permeabilitas vaskuler yang mengarah ke edema otak.²⁷

Figure 6.10. Dura. The tinctorial properties have changed and become more eosinophilic. There is streaming of the nuclei of the cells within the dura.



Gambar 6 : Histopatologi dura pada *thermal injury*.²⁸

Figure 6.11. Cerebral cortex. There is necrosis of the leptomeninges, which are shrunken and show increased eosinophilia (arrow). The leptomeningeal arteries appear hyalinized, a finding that is created by heat artifact. There is artificial clearing around the cortical neurons that should not be confused with edema.



Gambar 7: Histopatologi korteks serebral pada *thermal injury*.²⁸

Perubahan-perubahan postmortem, seperti koagulasi permukaan atau seluruh otak dapat terlihat(12.1c,d), terutama jika cranium kehilangan semua jaringan lunaknya atau meledak akibat panas (fig 12.1e,b). otak mungkin menyusut, sekalipun struktur gray and white matter masih bisa dibedakan. Sebagian atau keseluruhan otak mengalami dehidrasi dan beku. Perubahan-perubahan ini, seperti akumulasi darah di ruang epidural (burn hematoma – fig 12.1e,f), terjadi postmortem. Kadar COHb lebih

dari 50% hampir selalu menunjukkan bahwa korban sudah meninggal akibat keracunan CO sebelum panas itu sendiri memengaruhi otak.²⁹

Perbedaan morfologi antara intravital dan postmortem mungkin sulit dibedakan sebagaimana dibedakan sebagaimana ditunjukkan pada fig 12.2. . *Burn hematoma* dan koagulasi permukaan otak merupakan perubahan postmortem. Peningkatan permeabilitas *blood-brain barrier* menyebabkan inflamasi dengan intavaskular thrombosis.²⁹

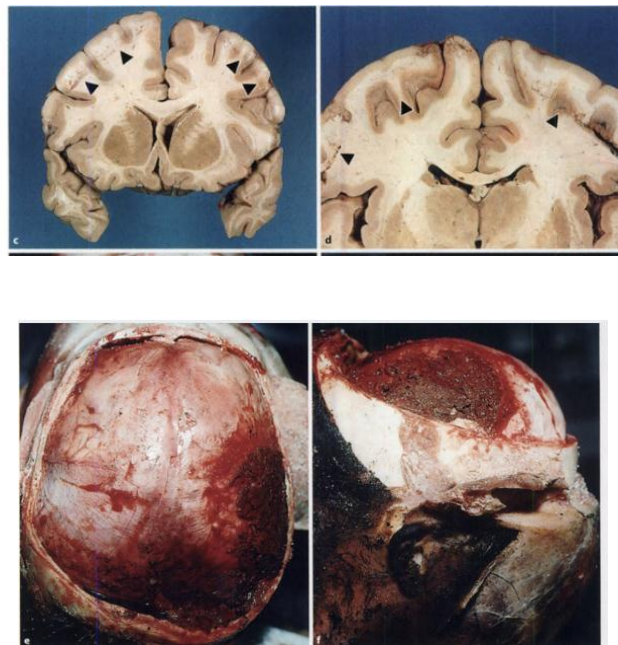
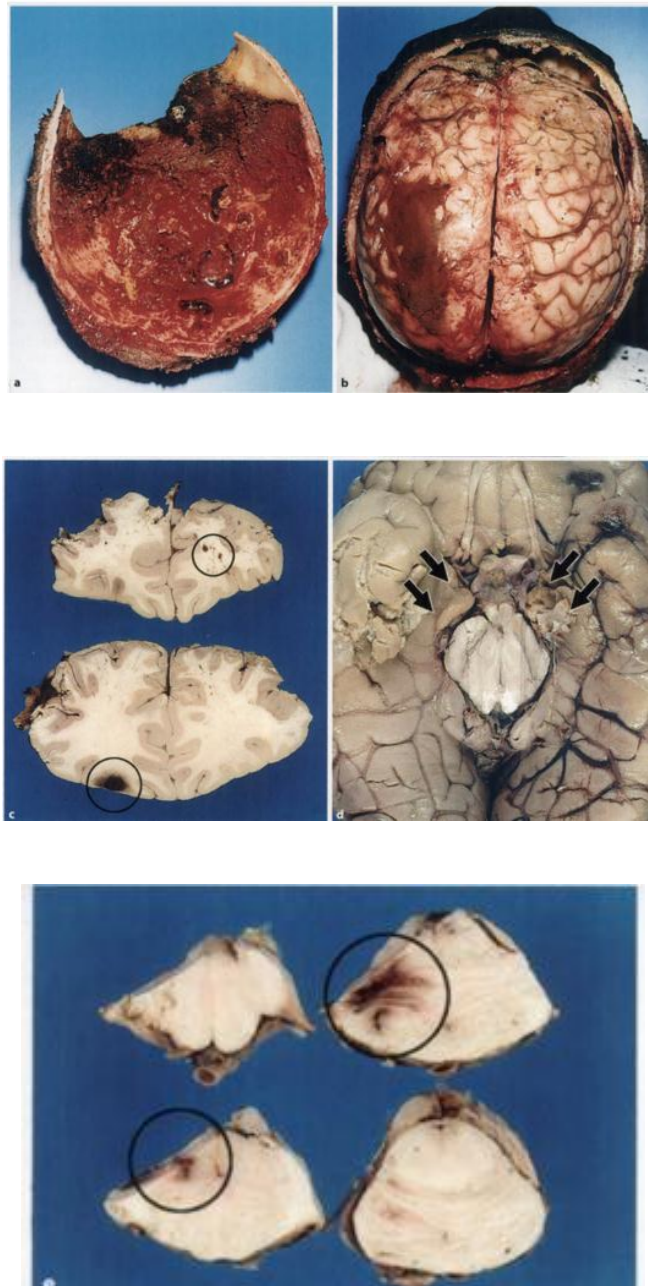


Fig. 12.1a–f. Postmortem alterations as a result of fire and burning on scalp, skull and brain. a, b Loss of hairs, cutis, and soft tissue, i.e., loss of total the scalp, as well as fracture and loss of parts of the external table of the skull; c, d coagulation of the brain surface (arrowheads) e, f accumulation of blood in the epidural space = burn hematoma

Gambar 8 : Perubahan postmortem pada otak²⁹

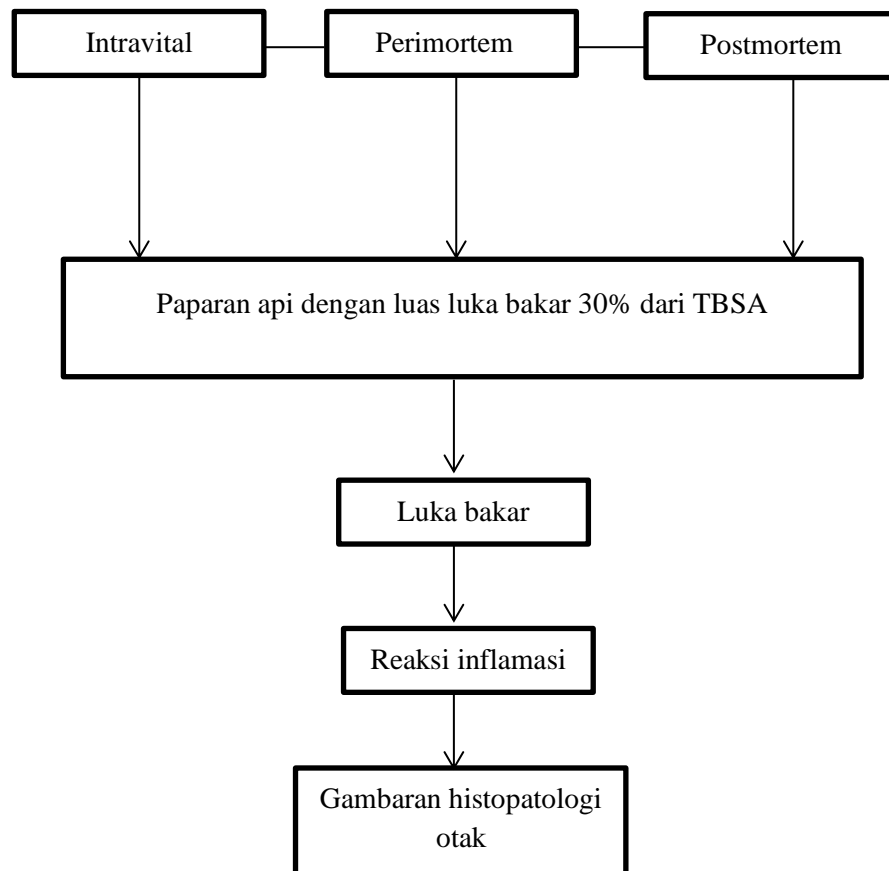


Gambar 9 : Perbedaan perubahan intravital dan postmortem²⁹

Apabila darah terkumpul pada ruang epidural, maka akan terbentuk *burn hematoma*. Hal ini biasa ditemukan dalam keadaan postmortem. Tanda intravital pada

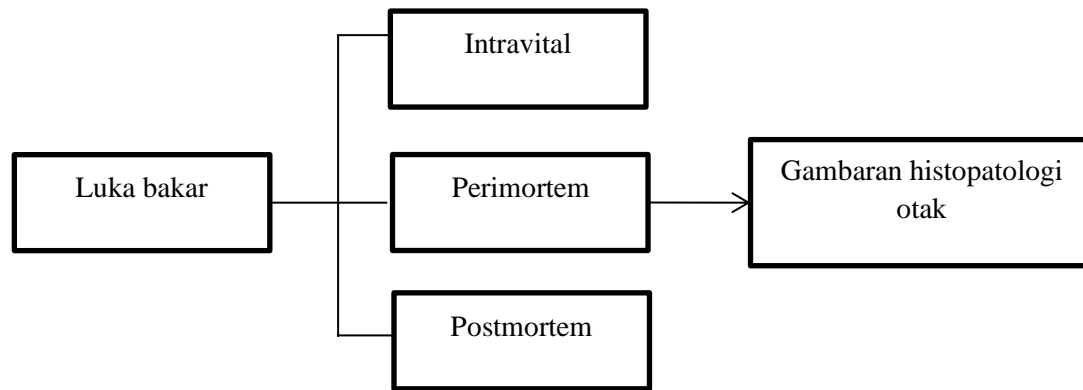
luka bakar di otak adalah adanya perdarahan subdural, perdarahan pada kortikal dan *white matter*, hernia intravital, dan perdarahan pontine.²⁹

2.7 Kerangka Teori



Gambar 10 : Kerangka Teori

2.8 Kerangka Konsep



Gambar 11 : Kerangka Konsep

2.9 Hipotesis

2.9.1 Hipotesis Mayor

Ada perbedaan gambaran histopatologi otak pada tikus Wistar yang diberi luka bakar intravital, perimortem, dan postmortem seluas 30% TBSA.

2.9.2 Hipotesis Minor

1. Terdapat perbedaan gambaran histopatologi otak intravital tikus Wistar yang diberi luka bakar seluas 30% dari TBSA dengan kontrol.
2. Terdapat perbedaan gambaran histopatologi otak perimortem tikus Wistar yang diberi luka bakar seluas 30% dari TBSA dengan kontrol.

3. Terdapat perbedaan gambaran histopatologi otak postmortem tikus Wistar yang diberi luka bakar seluas 30% dari TBSA dengan kontrol.
4. Terdapat perbedaan gambaran histopatologi otak intravital, perimortem, dan postmortem tikus Wistar yang diberi luka bakar seluas 30% dari TBSA dengan kontrol.