

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Listrik

2.1.1 Arus listrik

Listrik adalah sesuatu yang memiliki muatan positif (proton) dan muatan negatif (elektron) yang dapat mengalir melalui suatu penghantar (konduktor). Bersama dengan magnetisme, listrik membentuk interaksi fundamental yang dikenal sebagai elektromagnetisme. Listrik memungkinkan terjadinya banyak fenomena fisika yang dikenal luas seperti petir, medan listrik dan arus listrik.¹⁴

Arus AC (*Alternating Current*) adalah arus listrik dimana arah dan besarnya arus berubah-ubah secara bolak-balik oleh waktu. Berbeda dengan arus DC (*Direct Current*) yaitu arah arus bolak balik yang tidak berubah-ubah oleh waktu atau lebih dikenal dengan arus searah. Secara umum, arus AC dapat ditemukan pada penyaluran sumber listrik (misalnya PLN) ke rumah-rumah dengan frekuensi 50 Hz. Tegangan standar yang diterapkan di Indonesia untuk arus listrik AC 1 fasa adalah 220 Volt. Paparan AC dengan tegangan yang sama mempunyai kecenderungan tiga kali lebih berbahaya daripada arus DC.¹⁵

Arus listrik dibagi dua bentuk yaitu berfrekuensi tinggi dan berfrekuensi rendah. Listrik berfrekuensi tinggi tidak mempunyai sifat merangsang saraf motoris atau saraf sensoris, kecuali pada rangsangan dengan pengulangan paparan yang lama. Otot-otot sebagian tubuh akan berkontraksi secara tidak sadar sepanjang arus dipaparkan.¹⁵

Saat seseorang menyentuhkan tangannya pada sumber listrik, eksterimitas akan berkontraksi terus dan orang tersebut tidak dapat melepaskan tangannya dari sumber listrik tersebut, oleh sebab itu akan memperlama waktu paparan yang akan memperparah kerusakan.¹⁴

2.1.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan otak akibat listrik

Besarnya pengaruh listrik pada jaringan tubuh tersebut tergantung dari besarnya tegangan (*voltase*), kuatnya arus (*ampere*), besarnya tahanan (keadaan kulit kering atau basah), lamanya kontak dan luasnya daerah terkena kontak.¹⁶

Rumus fisika yang berkaitan dengan patofisiologi trauma listrik contohnya hukum Ohm yang berbunyi "perbedaan potensial antara ujung konduktor berbanding lurus dengan arus yang dilewati dan berbanding terbalik dengan tahanan konduktor".¹⁰

$$V = I R$$

Energi panas (W) yang diturunkan dalam hukum Joule, dimana waktu (t) mempengaruhi :

$$W = I^2 R t$$

persamaan hukum Joule menunjukkan jumlah energi yang dihantarkan oleh aliran listrik dapat menimbulkan kerusakan jaringan.¹⁶

2.1.2.1 Kuat arus listrik

Kuat arus adalah banyaknya muatan listrik yang mengalir dalam suatu penghantar setiap satuan waktu. Kuat arus tergantung pada sumber tegangan dan tahanan dari konduktor sesuai dengan hukum Ohm. Arus listrik 10 Ampere dengan waktu singkat akan menyebabkan luka bakar pada kulit, difusi sel otak

dan jaringan saraf akan kehilangan fungsi eksitasinya. Kematian dapat terjadi akibat fibrilasi ventrikel jantung, kelumpuhan otot pernapasan atau kerusakan pusat pernapasan.^{10,15}

2.1.2.2 Tahanan

Tahanan adalah penghambatan terhadap lintasan arus listrik yang dilewatinya. Berbeda dengan konduktivitas yaitu kemampuan suatu alat untuk mengalirkan arus listrik. Alat atau bahan yang memiliki tahanan yaitu resistor, sedangkan alat atau bahan yang memiliki sifat konduktivitas yaitu konduktor.¹⁰

Sistem tubuh manusia bereaksi terhadap aliran listrik dengan dipengaruhi oleh kelembaban, suhu dan sifat lainnya. Persamaan hukum Joule berbunyi "semakin tinggi tahanan, semakin tinggi pula panas yang ditimbulkan". Sistem tubuh manusia, sistem saraf, pembuluh darah, membran mukosa dan otot merupakan konduktor yang baik. Sesuai fungsi dan sifat sistem saraf yaitu untuk menghantarkan sinyal-sinyal elektrik, oleh karena itu sistem saraf mempunyai elektrolit dan kandungan air yang tinggi serta mempunyai tahanan terhadap listrik yang rendah.^{15,16}

2.1.2.3 Tegangan listrik

Tegangan adalah beda potensial antara dua titik dan ditentukan oleh sumber listrik. Tegangan listrik dibagi menjadi dua yaitu tegangan listrik rendah (kurang dari 1000 Volt) dan tegangan listrik tinggi (lebih dari 1000 Volt). Biasanya tegangan listrik rumah tangga adalah 110-220 Volt.^{10,17}

Hukum Ohm berbunyi "semakin tinggi tegangan yang diberikan pada konduktor tubuh dengan tahanan yang relatif tetap, maka akan semakin besar

jumlah arus yang mengalir melaluinya". Tegangan listrik yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan lebih besar dibanding listrik tegangan rendah, selain itu listrik bertegangan tinggi dapat merusak organ dalam tubuh.¹⁰⁻¹⁷

2.1.2.4 Lama paparan listrik

LA Geddes berpendapat bahwa "semakin lama paparan, semakin besar energi panas yang dihasilkan yang akan merusak jaringan tubuh". Hasil penelitian sebelumnya yaitu nilai ambang fibrilasi akan meningkat apabila waktu semakin kecil, sedangkan faktor kefatalan yang sering terjadi adalah kesadaran seseorang akan adanya arus listrik pada benda yang dipegangnya. Orang-orang tidak menyadari adanya arus listrik pada benda yang dipegangnya biasanya pengaruhnya lebih berat dibanding orang-orang yang pekerjaannya setiap hari berhubungan dengan listrik.^{10,17}

2.2 Konduktivitas pada media air

Air berfungsi sebagai mediator yang mempengaruhi kecepatan hantaran dari sumber listrik ke tubuh. Air memiliki tahanan sendiri terhadap aliran listrik. Orang yang terkena paparan listrik pada media air menjadikan tahanan tubuh menjadi rendah, akan memperluas permukaan masuknya arus listrik, sehingga listrik akan merusak organ-organ dalam tubuh. Orang yang terkena paparan listrik pada media air tidak ditemukan gambaran luka bakar di kulit yang spesifik (*electrical mark*) karena tidak ada kontak langsung dengan sumber listrik.⁶

Air murni bukan konduktor listrik yang baik. Air biasa yang telah mengalami proses destilasi memiliki kemampuan listrik sebanding dengan CO₂ di udara yaitu 0,05 S/m. Air laut memiliki kemampuan hantaran listrik 5 S/m.¹⁸

Kemampuan air menghantarkan arus listrik ditentukan oleh kadar ion didalamnya. Kadar ion dalam air akan mempercepat hantaran elektron listrik yang dilaluinya dan semakin tinggi temperatur air maka semakin mudah gerakan ion sehingga semakin mempercepat perpindahan elektron. Sel-sel tubuh mempunyai potensial listrik yang merupakan lapisan tipis muatan positif pada permukaan luar sel dan lapisan tipis muatan negatif pada permukaan dalam membran sel.^{18,19}

Daya hantar listrik adalah sifat menghantarkan listrik. Air yang banyak mengandung garam akan mempunyai daya hantar listrik tinggi. Pengukurannya dengan alat *Electric Conductivity Meter*. Hubungan antara daya hantar listrik dengan kadar elektrolit secara tepat perlu banyak koreksi seperti temperatur dan jenis garam yang terlarut, tetapi secara umum angka dari perhitungan *Electric Conductivity Meter* sedikit banyak dapat mewakili. Kandungan ion baik anion maupun kation yang terdapat pada air tawar dan air laut dapat menghantarkan listrik.¹⁸

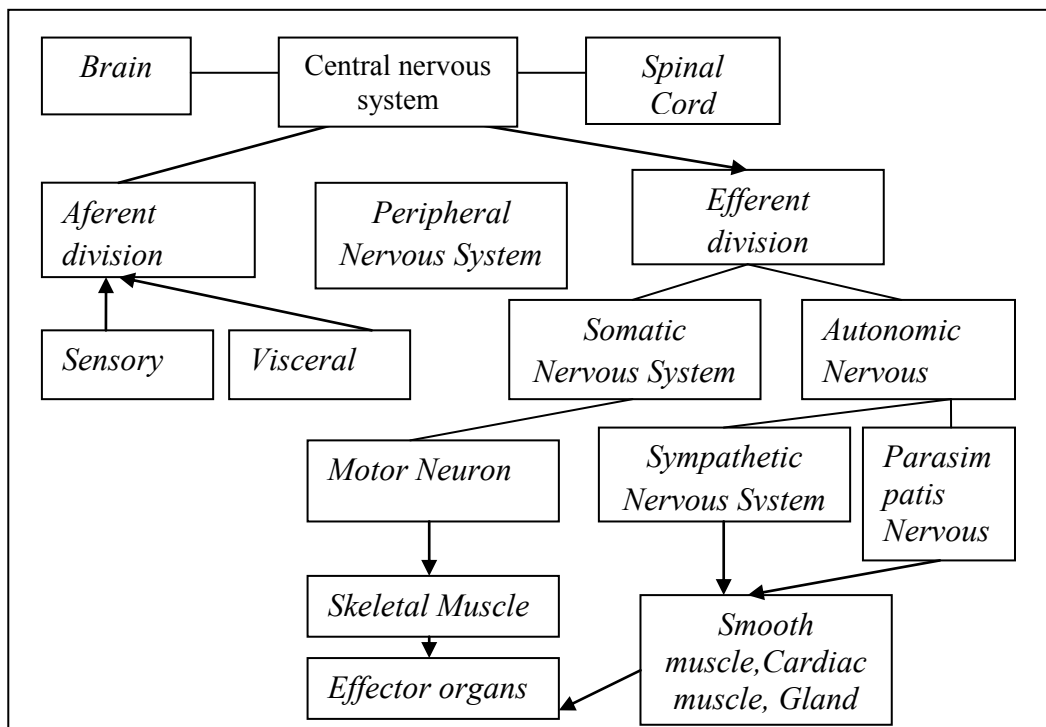
Tiap ion hanya dapat membawa muatan listrik dalam jumlah tertentu, sehingga semakin banyak kandungan ion yang terdapat pada air semakin tinggi pula sifat hantaran listrik yang dialirkan. Air sebagai media hantaran listrik menyebabkan tahanan tubuh terhadap listrik menjadi rendah, sehingga jumlah energi panas yang dihasilkan tidak cukup untuk mencapai titik leleh. Gambaran luka yang spesifik di kulit tidak nampak tetapi tetap saja dapat menyebabkan kerusakan organ dalam tubuh dan dapat menyebabkan kematian.¹⁹

Menurut Hem klasifikasi air berdasarkan garam yang terlarut adalah air tawar, air asin (*moderate saline*), air sangat asin (*very saline*) dan asin sekali (*briny*).¹⁸

2.3 Susunan saraf pusat

2.3.1 Sistem saraf

Ilmu neuroanatomi menjelaskan secara garis besar susunan saraf pusat dan susunan saraf perifer. Susunan saraf pusat terdiri dari otak (ensephalon) dan medula spinalis. Ensephalon itu sendiri terdiri dari proensephalon, mesensephalon dan rhombensephalon. Lokasi otak mengisi *cavitas cranii* sedangkan medula spinalis mengisi *cavitas vertebralis*.⁷

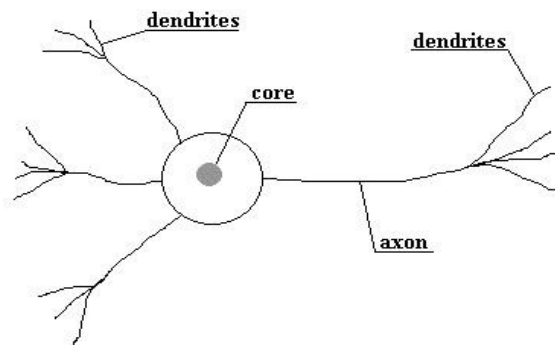


Gambar 2.1 Klasifikasi sistem saraf
Dikutip dari Brooks/Cole-Thomson Learning

Susunan saraf terdapat proses hantaran listrik untuk penghantaran impuls-impuls atau rangsangan. Neuron adalah sel saraf termasuk tubuh sel (soma dan

perikarion) dengan struktur-struktur di dalamnya dan tonjolan-tonjolan protoplasmanya, yaitu dendrit-dendrit dan axon serta percabangan-percabangan akhir tonjolan-tonjolan protoplasma tersebut. Satu sel neuron mempunyai satu axon bahkan lebih dan bahkan sering banyak dendrit.⁷

Dendrit adalah tonjolan-tonjolan protoplasma neuron yang menghantarkan impuls-impuls saraf ke tubuh sel saraf (perikarion), sedangkan axon adalah tonjolan protoplasma sel saraf yang menghantarkan impuls-impuls saraf menjauhi tubuh sel saraf.⁷



Gambar 2.2 Diagram bentuk neuron⁷

Semua axon baik di susunan saraf pusat maupun susunan saraf perifer, kecuali yang paling halus (diameter kurang dari 1 mikron) dibungkus oleh selubung yang terdiri dari lipoida dan selubung mielin. Secara kimiawi selubung mielin terdiri dari protein, lesitin, serebrosida dan lipida seperti kolesterol.^{7,13} Axon yang tebal terselubungi oleh selubung mielin yang tebal juga, hal ini juga berbanding lurus dengan kecepatan hantaran impuls-impuls. Semakin tebal selubung mielin maka akan semakin tinggi kecepatan hantaran listrik. Selubung

mielin akan mengalami interupsi pada bagian-bagian tertentu pada axon yang disebut *nodus Ranvieri*.⁷

Peranan selubung mielin adalah berhubungan dengan penghantaran impuls-impuls saraf sepanjang axon. Sifat penghantaran ini adalah kecepatan penghantaran yang berhubungan langsung dengan jarak antara dua *nodus Ranvieri*, sedangkan jarak antar nodus ini tergantung pada tebal tipisnya selubung mielin. Pada axon yang memiliki selubung mielin tipis, maka penghantaran impuls-impuls akan mengalami percepatan pada segmen-segmen antar nodus, ini disebut dengan konduksi meloncat (*saltatory conduction*). Selubung mielin dapat dianggap sebagai suatu spesialisasi fungsional untuk mempercepat penghantaran impuls-impuls saraf.⁷

2.3.2 Karakteristik dari sistem saraf

2.3.2.1 Potensial membran

Membran sel neuron yang tebal 50-100 Angstrom bekerja sebagai suatu sekat pemisah yang efektif dan selektif antara cairan ekstraseluler dan cairan intraseluler. Cairan ekstraseluler terdapat ion-ion Natrium dan Chlorida, sedangkan cairan intraseluler terdapat ion-ion Kalium dan protein (anion). Perbedaan kadar ion-ion tersebut disebabkan oleh karena dua faktor yaitu :

- 1) Permeabilitas membran neuron yang bersifat selektif terhadap ion-ion tertentu.
- 2) Adanya suatu pompa metabolik yang dapat secara aktif mengeluarkan ion-ion Natrium dari dalam sel.^{7,20}

2.3.2.2 Proses depolarisasi dan repolarisasi membran

Depolarisasi adalah masuknya ion-ion Natrium ke dalam sel neuron atau axon yang akan menyebabkan membran tersebut menjadi positif di dalam membran dan negatif di luar membran. Proses depolarisasi setempat ini dapat menjalar ke dua arah sebagai gelombang-gelombang depolarisasi (aksi-aksi potensial dan impuls-impuls saraf). Suatu serat saraf dapat menghantarkan suatu impuls saraf dalam salah satu arah, yaitu ke arah tubuh sel (dendrit) atau menjauhi tubuh sel neuron (axon) tergantung pada tempat rangsangan.²⁰

Setelah proses depolarisasi maka cairan intraseluler akan bersifat positif. Akan tetapi, ion-ion kalium masih tetap mengadakan difusi keluar sel dengan membawa muatan listrik positif. Terciptalah keseimbangan listrik seperti semula, yaitu elektronegatif di dalam dan elektropositif di luar, proses ini disebut repolarisasi.²¹

2.3.2.3 Cerebral blood flow

Keadaan fisiologi jumlah darah yang mengalir ke otak 56-60 ml per 100 gram jaringan otak per menit. Jumlah darah seluruh otak dengan berat 1200-1400 gram adalah 700-840 per menit. Jumlah darah itu, satu pertiganya disalurkan melalui tiap arteri karotis interna dan sisanya disalurkan melalui susunan verterobasilar. Otak terdapat dalam ruangan tengkorak yang tertutup. Volume otak ditambah volume *liquour* dan ditambah dengan volume darah harus bersifat tetap (konstan). Hukum ini berimplikasi bahwa perubahan volume salah satu unsur tersebut akan menyebabkan perubahan kompensatorik terhadap unsur-unsur lainnya.⁷

Otak merupakan 2 persen dari berat tubuh, memerlukan sekitar 17 persen dari *cardiac output* dan sekitar 20 persen dari oksigen yang diperlukan tubuh, pendapat Kety dan Schmidt. Penelitian Fisher, Treux dan Carpenter, pada hewan coba menunjukkan bahwa penghentian aliran darah ke otak untuk waktu lebih 3 menit sudah dapat menimbulkan perubahan-perubahan yang bersifat ireversibel pada jaringan otak, sedangkan kesadaran akan hilang dalam waktu kurang dari 10 detik.⁷

Menurut Heistad, hiperkapnia dan hipoksia menimbulkan vasodilatasi pembuluh-pembuluh darah serebral dan hipokapnia sebaliknya menyebabkan vasokonstriksi. Perubahan-perubahan metabolisme juga mempengaruhi tonus-tonus pembuluh darah serebral, misalnya anestesi.⁷

Otoregulasi pembuluh-pembuluh darah otak dapat mempertahankan suatu aliran yang konstan, walaupun terjadi perubahan-perubahan besar dalam tekanan darah arterial. Dalam keadaan yang bersifat lebih darurat, yang melampaui batas-batas otheregulasi, redistribusi peredaran serebral akan terjadi. Aliran darah ke substansia grisea korteks serebri dan batang otak akan dipertahankan dengan mengorbankan aliran darah ke substansia alba, hemisferium serebri dan serebellum.⁷

2.4 Histologi jaringan saraf

Susunan saraf pusat merupakan turunan lempeng neural yang berkembang di dalam ektoderm aksial *Mild-dorsal* embrio. Konsistensinya lunak mirip bubur, sebagai ganti jaringan ikat dari unsur non-neuron adalah neuroglia dengan astrosit sebagai penyokong utama, oligodendroglia sebagai pembentuk mielin, mikroglia

sebagai fagosit dan endolim sebagai pembatas atau dinding ventrikel. Secara gambaran histologi, jaringan saraf terdapat badan sel dan badan inklusi. Badan sel terdapat inti sel, plasma membran, neurofibril, badan *nissl*, mitokondria, apparatus golgi dan sentriol.²¹

Inti sel terdapat di tengah badan sel berbentuk bulat atau oval, mempunyai nukleus, kromatin yang rata dan kromatin khusus. Plasma membran mempunyai sifat hantaran listrik 70-80 Å, menebal pada perlekatan interseluler dan sinapsis. Neurofibril terdapat dalam sitoplasma, dendrit, akson, mikrotubulus dan mikrofilamen. Neurofibril mempunyai fungsi sebagai transport ion, metabolit dan penyangga bentuk sel.²¹

Badan *Nissl* merupakan ergotoplasma yang mempunyai RNA, mempunyai fungsi sintesa protein plasma dan terdapat perikarion serta dendrit. Mitokondria mempunyai ciri-ciri bentuk oval atau bulat, ukuran kecil dengan krista tubular atau lamelar. Apparatus golgi terdapat di perikarion dan mempunyai inti bentuk jala. Sentriol adalah sel yang tidak terdapat pada pembelahan sel.²¹

Badan inklusi terdapat butir pigmen yang terdiri dari lipofusin yang tampak kuning kecoklatan dan melanin yang tampak coklat kehitaman yang terdapat pada substansia nigra dan ganglion spinal simpatis. Badan inklusi terdapat lipid, glikogen, besi (Fe) dan Seng (Zn).²¹

2.4.1 Neuroglia

Neuroglia terdiri dari makroglia dan mikroglia. Makroglia disebut juga sebagai astroglia. Sel ini secara embriologis berasal dari ektoderm yang termasuk makroglia yaitu astrosit dan oligodendroglia.²¹

1) Astrosit merupakan sel terbesar. Sel ini berfungsi antara lain memberikan nutrisi neuron, isolator sinapsis, pelindung saraf dan fagosit debris jaringan susunan saraf pusat yang rusak. Sel astrosit terdiri dari beberapa macam yaitu astrosit fibrosa dan astrosit protoplasma. Astrosit fibrosa terdapat di substansia alba, mempunyai sitoplasma panjang, lurus dan cabang lebih sedikit atau jarang. Prosesus berisi febril yang melekat pada pembuluh darah. Astrosit protoplasmatis terdapat pada substansia grisea. Inti lebih besar, bentuk bulat atau oval, sitoplasmanya bergranula, kromatin tersebar rata, mempunyai satu nukleus dan cabang sitoplasma bergelombang pada pembuluh darah yang disebut *perivaskular feet*.²¹

2) Oligodendroglia mempunyai jumlah yang banyak per sel saraf. Bentuknya bulat, oval lebih kecil dan sering terlihat menonjol antara inti yang bulat atau oval, oleh karena kurang baik mengambil cat atau zat warna terlihat kosong dengan satu nukleus, granula melekat pada dinding inti, terdapat di substansia alba dan grisea, tonjolan sitoplasma sedikit, tidak berserabut dan berakhir melekat di perivaskuler menghasilkan mielin.²¹

2.4.2 Mikrogliia

Mikrogliia berbentuk gepeng, berukuran kecil dan padat. Inti kecil dan tercat gelap terdapat di substansia grisea dan lebih banyak pada substansia alba yang tidak mempunyai *perivaskuler feet*. Mikrogliia mempunyai tonjolan sitoplasma

yang banyak dan lebih pendek dan tidak berserabut. Fungsi sel ini sebagai penyokong dan makrofag.²¹

2.4.3 Ependim

Ependim melapisi lumen *neural tube* dan selain sebagai penyokong juga berfungsi proliferasi pada pertumbuhan saraf. Kehidupan embrional, ependim mempunyai silia, sedangkan pada keadaan dewasa ependim sebagai pelapis ventrikel otak dan kanalis medula spinalis. Ependim pada beberapa tempat sebagai modifikasi pleksus koroideus yang dapat memproduksi *liquor cerebro spinale*.²¹

2.5 Mekanisme kerusakan otak akibat trauma paparan listrik

Pendapat yang mengemukakan tentang patofisiologi dari trauma akibat paparan listrik itu banyak, namun hingga saat ini belum ada pendapat yang sempurna. Variabel yang tidak terkontrol ketika arus listrik mengalir sebagai faktor penyebabnya.¹⁴ Saat ini hanya dapat dianalisa luka akibat trauma listrik tersebut. Mekanisme utama dari trauma akibat paparan listrik yaitu efek langsung dan efek tidak langsung. Kedua mekanisme ini menyebabkan permeabilitas membran dan kelelahan energi metabolik.²²⁻²³

Efek langsung dapat terjadi apabila tubuh bersentuhan langsung dengan permukaan yang memiliki arus listrik, berakibat kerusakan jaringan langsung. Elektron-elektron dalam listrik mengubah potensial istirahat membran menjadi depolarisasi sel otot. Depolarisasi sel otot ini berlangsung dalam waktu yang lama, maka akan timbul tetani otot. Membran sel yang menggunakan *sinyal bioelectrical* pada sel-sel besar seperti otot dan sel saraf akan lebih rentan rusak.

Efek tidak langsung terjadi karena energi listrik yang mengalir di tubuh diubah menjadi energi panas yang akan merusak jaringan kulit terlebih dahulu, hal ini sesuai dengan hukum Joule.²²⁻²³

Arus listrik selalu mengalir melalui lintasan yang mempunyai resistensi yang paling rendah, dari tempat kontak ke tempat arus elektrik keluar. Otak, medula spinalis dan saraf perifer merupakan konduktor yang paling mudah rusak apabila arus listrik melintasinya. Gaya elektrik cukup kuat untuk menimbulkan kerusakan pada jaringan, menghanguskan jaringan terutama pada tempat kontak dan tempat arus elektrik keluar. Panas yang ditimbulkan oleh arus elektrik itu melewati juga di bagian dalam jaringan dan menimbulkan radang pembuluh darah dan trombosis.²²⁻²³

2.5.1 Respon sel terhadap rangsang terjejas (injured cell)

Keadaan normal, sel berada dalam keadaan homeostasis, dimana terdapat keseimbangan sel dengan lingkungan sekitar. Sel yang terjejas adalah suatu rangkaian perubahan biokemi dan morfologi yang terjadi ketika kondisi homeostasis mengalami gangguan hebat. Perubahan tersebut bisa kembali ke kondisi normal (reversibel) atau tidak (ireversibel).²⁴

Perubahan keduanya sebagian besar terletak pada penilaian kuantitatif, apabila traumanya ringan sehingga perubahan seluler yang terjadi segera teratasi dan sel kembali normal, keadaan ini disebut jejas yang reversibel. Sel yang tidak mampu kembali ke kondisi normal, maka keadaan ini disebut jejas ireversibel.²⁴

Perubahan dari jejas sel yang reversibel menjadi ireversibel berjalan secara bertahap dan terjadi ketika mekanisme penyesuaian atau adaptasi mengalami

ketidakmampuan lagi (kelelahan), hal ini disebut teori *point of no return*. Mekanisme jejas reversible sampai terjadi jejas irreversible sangat kompleks, dapat mempengaruhinya adalah target biokimia dari jejas tersebut baik membran sel, respirasi aerobik sel, sintesis enzim dan protein atau kesatuan genetik sel tersebut. Rangsangan yang besar akan menyebabkan cedera irreversible, sedangkan rangsangan yang kecil akan menyebabkan cedera reversible.^{24,25}

Sel yang mengalami iskemi dapat terjadi deplesi ATP, yang dibutuhkan oleh sel untuk transport membran, sintesis protein, lipogenesis dan deasilasi-reasilasi, karena deplesi ATP, maka pompa pada membran terganggu, sehingga terjadi peningkatan Ca^{+} intrasel. Mengaktifkan fosfolipase (memicu kerusakan membran sel), protease (merusak protein membran dan protein sitoskeletal), ATPase (memperburuk deplesi ATP) dan endonuklease (berhubungan dengan fragmentasi inti).²⁵

Jejas sel yang reversibel ditandai dengan pembengkakan mitokondria. Sel kemudian menjadi besar akibat akumulasi cairan dan bertambahnya vakuol, kemudian membran plasma menjadi rusak dan terjadi perubahan inti, maka jejas sel menjadi irreversible dan sel mengalami kematian.²⁴

Jejas irreversible mempunyai karakteristik

- 1) Rusak/sobeknya membran
- 2) Fragmentasi
- 3) Kalsifikasi
- 4) Gambaran atau struktur mielin (membran yang rusak tersusun sebagai gulungan lembaran yang konsentrik).²⁴

Jenis sel atau jaringan menentukan daya tahan terhadap pengaruh rangsangan. Sel Purkinje di serebellum dan sel neuron di hipokampus lebih rentan dibanding sel neuron yang lain.²⁵

Keadaan infark otak pada daerah nekrotik akan melunak (*encephalonmalacia*) disertai kerja makrofag yang memfagosit masa nekrotik tersebut. Rongga yang terbentuk akan terisi oleh cairan dari celah-celah interstitial sekitarnya. Jaringan yang nekrotik mengalami pencairan yang kemudian diabsorpsi. Proses kerusakan sel diawali dengan kerusakan pada organ-organ sel dan penggumpalan kromatin. Mula-mula inti sel mengalami kondensasi atau pengentalan (piknosis) setelah piknosis, kariolisis akan terjadi dan diikuti dengan pecahnya inti sel (karioreksis). Piknosis adalah proses kerusakan pada inti sel yang ditandai dengan larutnya kromosom dan proses kondensasi pada inti sel. Jika inti sel mengalami piknosis, maka inti sel akan menjadi padat atau kental dan ukurannya mengalami penyusutan. Kariolisis adalah proses larutnya kromatin di dalam inti sel yang terjadi karena adanya kerusakan jaringan tubuh. Ciri-ciri dari terjadinya kariolisis yaitu inti sel akan menjadi pucat dan tidak terbentuk.^{24,25}