

Jurnal

ENTROPI

Inovasi Penelitian, Pendidikan dan Pembelajaran Sains



Diterbitkan oleh :
Jurusan Pendidikan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo

VOLUME
IX

NOMOR
1

HALAMAN
721 - 840

FEBRUARI
2014

ISSN
1907-1965

Luka, Peradangan Dan Pemulihan

Asep Suryana Abdurrahmat

Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo

Abstrak

Luka merupakan suatu keadaan yang ditandai dengan rusaknya berbagai jaringan tubuh. Terkoyaknya jaringan berbagai ikat, otot, serta kulit akibat suatu sebab sering diikuti dengan rusaknya jaringan syaraf dan robeknya pembuluh darah yang mengakibatkan pendarahan. Bila keadaan itu dibiarkan maka akan mengganggu homeostatis tubuh. Untuk menghindari kerusakan yang lebih lanjut maka tubuh memiliki mekanisme khusus untuk penutupan luka. Pemulihan luka biasanya diawali dengan peradangan yang merupakan benteng proteksi pertama yang otomatis tersedia di dalam tubuh. Proses peradangan dan pemulihan membutuhkan sejumlah senyawa kimiawi guna menjaga daerah luka dari serangan mikroorganisme serta membangun struktur penutup luka itu sendiri.

Proses pemulihan luka bukan hanya meliputi penutupan luka pada permukaan kulit tetapi juga meliputi penutupan pembuluh darah yang terkoyak, regenerasi dari sel-sel saraf perifer serta penggantian jaringan otot oleh serabut kolagen. Oleh karena itu dibutuhkan berbagai zat kimia tertentu yang terkait dalam mekanisme penutupan luka baik sebagai agen komplemen maupun senyawa penyeimbang homeostatis lainnya. Tahapan penutupan luka meliputi pengurangan curah darah yang mengalir di pembuluh dengan cara vasokonstriksi pembuluh darah, pembentukan sumbat protein dan penggumpalan darah. Darah yang semakin kental akibat penggumpalan akan semakin lambat alirannya dalam pembuluh darah yang telah mengalami penyempitan lumen. Kondisi tersebut akan lebih memudahkan terjaringnya gumpalan darah oleh serabut protein fibrinogen sehingga terbentuk sumbat pada area jaringan yang luka. Jaringan yang luka tidak bisa sepenuhnya memiliki kemampuan seperti semula sebab adanya penggantian sejumlah jaringan asal oleh serabut kolagen yang memiliki struktur dan fungsi tidak sama dengan jaringan semula. Seiring dengan bertambahnya usia maka kemampuan fungsional jaringan atau organ yang terluka akan mengalami penurunan meskipun telah dilakukan upaya pemulihan. Hal tersebut disebabkan oleh menurunnya kecepatan metabolisme tubuh dan berkurangnya kemampuan tubuh memproduksi berbagai agen yang menjadi faktor dalam penutupan luka.

Kata Kunci : penutupan luka, peradangan (*inflamasi*), regenerasi jaringan, homeostasis tubuh.

Pendahuluan

Aktifitas sehari-hari manusia seringkali tidak bisa dihindarkan dari kecelakaan. Walaupun aktifitas tersebut sudah biasa dan rutin dilakukan, apalagi untuk aktifitas yang baru pertama kali dilakukan, baik aktifitas ringan maupun berat, karena beberapa faktor kecelakaan sering terjadi.

Demikian juga dengan kegiatan latihan olahraga dengan berbagai variasi intensitas dan durasi bila tidak dilakukan dengan baik dan benar serta hati-hati sangat beresiko untuk terjadi kecelakaan. Unsur kegembiraan dalam olahraga

permainan serta ketegangan dan stres dalam olahraga kompetisi sering membuat seseorang menjadi lalai dan tidak mengindahkan keselamatan dirinya, ditambah dengan ketidaktahuan serta kesalahan dalam melakukan setiap gerakan olahraga akan meningkatkan resiko kecelakaan.

Salah satu akibat yang ditimbulkan dari kecelakaan tersebut ialah timbulnya luka yang didefinisikan sebagai keadaan robek atau terkoyaknya sejumlah jaringan tubuh, baik itu jaringan kulit, jaringan otot, jaringan saraf, pembuluh darah dan limfa oleh beberapa faktor.

Efek yang ditimbulkan akibat luka sangat bervariasi, mungkin akan diikuti dengan hilangnya fungsi organ tubuh secara cepat, timbulnya respon stres dari simpatis yang menyebabkan perubahan fisiologis secara cepat, terjadinya proses pendarahan yang diikuti dengan hemostasis, timbulnya infeksi akibat kontaminasi bakteri pada daerah luka, kematian sel dan jaringan bahkan organ atau bahkan yang lebih fatal akan menyebabkan kematian.

Variasi tersebut sangat tergantung pada beberapa faktor, diantaranya kebersihan (*aseptis*) di daerah luka dan tempat terjadinya kecelakaan dan penanganan pasca kecelakaan. Hal tersebut memegang peranan yang sangat penting dalam upaya meminimalisasi akibat yang akan timbul serta mendorong proses penyembuhan atau pemulihan. Walaupun suatu kecelakaan tidak menyebabkan kematian tetapi akan menimbulkan cedera atau cacat baik yang bersifat temporer atau permanen pada bagian tubuh tertentu, pada akhirnya, hal tersebut pasti akan mengganggu penampilan seseorang.

Berdasarkan pemaparan tersebut maka perlu dilakukan pengkajian tentang apakah terminologi dari luka, Proses fisiologi seperti apakah saat terjadi luka serta bagaimanakah mekanisme dari penyembuhan luka.

Klasifikasi Luka

Luka yang ditimbulkan oleh kecelakaan ataupun oleh operasi sangat beragam bentuknya, namun demikian, luka dapat kita klasifikasikan berdasarkan dua hal utama yaitu berdasarkan proses terjadinya luka (*mechanism of injury*) serta derajat terkontaminasinya suatu luka oleh berbagai mikroorganisme (*degree of contamination*).

2.1 Klasifikasi Berdasarkan *Mechanism of Injury*

Berdasarkan klasifikasi *mechanism of injury* maka luka terbagi atas :

1. Luka iris, yaitu jenis luka yang diakibatkan oleh irisan benda tajam misalnya pisau. Jenis luka ini sering menimbulkan rusaknya pembuluh-pembuluh yang cukup besar bila irisannya cukup dalam. Bila keadaan luka

aseptis maka luka jenis ini akan segera tertutup setelah sebelumnya terjadi penutupan pembuluh darah dengan meninggalkan bekas berbentuk sutura.

2. Luka memar, yaitu jenis luka yang diakibatkan oleh benturan tubuh dengan benda tumpul yang mungkin akan diikuti oleh kerusakan bagian dalam tubuh yang lunak, kerusakan tulang, pendarahan atau pembengkakan.
3. Luka terkoyak, yaitu jenis luka yang memiliki kontur tidak menentu, bergerigi serta cukup dalam sehingga banyak jaringan tubuh yang rusak. Luka jenis ini bisa disebabkan oleh pecahan kaca atau mata kail.
4. Luka bocor, yaitu jenis luka yang menimbulkan lubang kecil di permukaan kulit tetapi menembus tubuh cukup dalam, contohnya luka yang ditimbulkan oleh tusukan pisau atau peluru.
5. Luka gores, yaitu jenis luka yang tidak terlalu dalam tetapi memiliki permukaan luka yang sangat lebar, biasanya terjadi akibat tergoresnya kulit pada permukaan yang kasar. Pada luka jenis ini pembuluh-pembuluh yang rusak hanya yang berada di bagian perifer.
6. Luka bakar, yaitu jenis luka yang ditimbulkan akibat terbakarnya bagian tubuh. Jenis luka ini dibedakan menjadi luka bakar ketebalan parsial yaitu bila yang terbakar hanya sampai pada jaringan epidermis sedangkan jaringan dermis tetap utuh dan tingkatan di atasnya ialah luka bakar total dimana sebagian dermis ikut terbakar sehingga lebih banyak cairan dan protein tubuh yang hilang.

Selain jenis luka di atas, masih terdapat jenis luka lainnya seperti luka akibat radiasi, luka akibat terkontaminasi bahan-bahan kimia, luka akibat tersengat listrik, luka yang diakibatkan tekanan udara dan lain-lain.

2.2 Klasifikasi Berdasarkan *Degree of Contamination*

Sedangkan berdasarkan klasifikasi *degree of contamination*, maka luka terbagi atas :

1. *Clean wound*, artinya tidak terdapat infeksi oleh mikroorganisme apapun terhadap luka tersebut. Kemungkinan untuk terjadi infeksi pada luka jenis ini hanya berkisar antara 1 – 5 % dan biasanya luka tersebut akan sembuh secara cepat dengan meninggalkan bekas berupa sutura.
2. *Clean-contaminated wound*, adalah jenis luka yang hanya terkontaminasi oleh jenis bakteri tertentu yang biasanya ada pada luka. Kemungkinan infeksi pada luka jenis ini berkisar antara 3 – 11 %.
3. *Contaminated wound*, ialah jenis luka yang terbuka, segar, tak disengaja atau luka operasi dengan teknik yang aseptis atau adanya pembukaan pada saluran cerna. Kemungkinan terjadi infeksi pada luka jenis ini ialah 10 – 17 %.
4. *Dirty wound*, ialah jenis luka yang terjadi pada lingkungan yang sudah terkontaminasi oleh berbagai bakteri, termasuk juga luka akibat pelaksanaan operasi di tempat yang tidak steril, misalnya operasi darurat di lapangan. Kemungkinan terjadi infeksi lebih dari 27 %.

Peradangan dan Pemulihan Luka

Tanpa proses pertahanan seperti peradangan dan pemulihan, manusia tidak akan mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang kadang-kadang membahayakan jiwanya sebab infeksi akan bertambah parah dan luka akan tetap terbuka, Robbins (1992, 28). Oleh karena itu, proses radang-pemulihan merupakan suatu upaya tubuh untuk membatasi dan menetralkan luka serta menjaga kelangsungan morfologi jaringan.

Walaupun demikian, proses radang-pemulihan tidak selamanya disertai dengan pulihnya kembali seluruh fungsi organ sebab ada bagian-bagian tertentu yang tidak bisa diganti secara utuh. Hal ini disebabkan oleh adanya keterbatasan regenerasi sel-sel pembentuk organ itu sendiri sehingga jaringan yang digunakan dalam proses pemulihan tidak sama dengan jaringan asal pembentuk organ sehingga kemampuannya pun berbeda.

Secara umum, fisiologi penyembuhan luka dapat dibagi menjadi 3 tahapan utama, yaitu :

3.1 Tahap Inflammasi dan Regenerasi

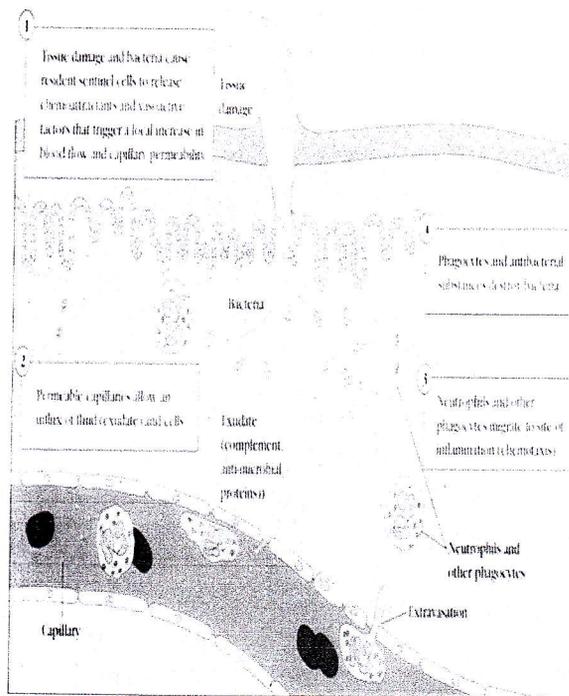
3.1.1 Reaksi Inflammasi

Definisi radang ialah reaksi pertahanan jaringan hidup terhadap semua bentuk luka dengan melibatkan fungsi darah dan pembuluh darah, saraf, limfa, cairan serta sel-sel di sekitar luka. Proses ini akan memusnahkan, melarutkan atau membatasi agen-agen penyebab infeksi sekaligus merintis jalan untuk proses perbaikan atau pemulihan terhadap jaringan yang rusak. Infeksi ialah masuknya sejumlah mikroorganisme patogen pada daerah luka terutama pada luka yang terbuka sehingga menimbulkan akibat yang lebih buruk.

Pada radang akut, respon relatif singkat, berlangsung hanya beberapa jam atau hari setelah terjadinya luka. Reaksi radang biasanya diikuti dengan dengan rasa nyeri, panas, merah, bengkak dan gangguan fungsi pada daerah sekitar luka, kadang-kadang disertai juga dengan demam. Hal tersebut diakibatkan oleh 3 komponen radang, yaitu : (1) *perubahan penampang pembuluh darah (vasodilatasi) yang mengakibatkan peningkatan aliran darah di sekitar luka*, (2) *perubahan struktural pada kapiler yang memungkinkan protein plasma serta leukosit keluar dari pembuluh darah (diapedesis) dan (3) terjadinya agregasi leukosit di daerah luka*. Cairan yang kaya protein serta leukosit yang tertimbun di ruang ekstravaskuler di daerah luka sebagai akibat reaksi radang disebut eksudat.

Kemal (1988, 155) dan Robbins (1992, 31 – 37) menjelaskan tahapan reaksi radang sebagai berikut :

1. Infeksi, merupakan proses masuknya sejumlah mikroorganisme patogen ke daerah luka dengan demikian keadaan luka menjadi aseptis. Sejumlah mikroorganisma patogen tersebut akan memasuki jaringan melalui daerah yang terbuka akibat luka.

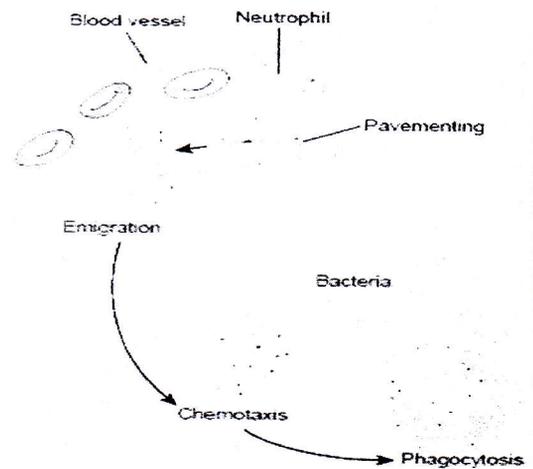


Gambar 1. Mekanisme Infeksi

2. Reaksi Sistem Komplemen, Glikoprotein permukaan sel mikroorganisme yang masuk ke daerah luka akan mengaktifkan serangkaian sistem komplemen yang berakibat :

- Diproduksinya *opsonin* yang akan melekatkan mikroorganisme dengan leukosit sehingga mempermudah proses fagositosis.
- Dilepaskan histamin oleh mastosit (*mast sel*) yang menyebabkan vasodilatasi kapiler serta meningkatkan permeabilitas membran kapiler terhadap protein, akibatnya sejumlah protein plasma dan leukosit akan keluar dari kapiler darah.
- Diproduksinya *chemotaxin* yang akan menarik leukosit menuju daerah infeksi.
- Dihasilkannya *kinin* yang memiliki fungsi seperti histamin namun mampu merangsang ujung-ujung reseptor saraf (reseptor rasa sakit dan gatal).
- Mengaktifkan suatu reaksi tertentu yang akan menimbulkan lubang-lubang pada

membran sel mikroorganisme sehingga menyebabkan kematian mikroorganisme.



Gambar 2 Mekanisme Diapedesis dan Kemotaksis Netrofil

Selain itu, mikroorganisme yang masuk ke daerah luka akan memproduksi *pyrogen-eksogen* yang akan merangsang monosit dan makrofag lain untuk menghasilkan *pyrogen-endogen*. Senyawa ini akan merangsang hipotalamus untuk memproduksi *prostaglandin E* yang akan menyotel *thermostat* di hipotalamus pada suhu yang lebih tinggi, dengan demikian muncul reaksi demam.

Vasodilatasi akan meningkatkan jumlah darah ke daerah luka dan sekitarnya untuk mensuplai nutrisi bagi sel dan makrofag yang ada di sana, selain itu tambahan darah ini akan berfungsi untuk mengangkut zat-zat racun yang dihasilkan bakteri serta jaringan-jaringan yang mati. Oleh karena itu daerah sekitar luka berwarna merah.

Peningkatan permeabilitas membran kapiler oleh histamin yang berlangsung antara 15 – 30 menit atau bahkan sampai dengan 1 jam setelah terjadi infeksi akan meningkatkan jumlah protein plasma yang keluar dari kapiler menuju ruang interstitial. Hal ini berakibat terjadinya peningkatan tekanan osmosis sekitar luka meningkat sehingga air masuk, dengan demikian daerah sekita luka menjadi bengkak (*oedema*).

Rasa sakit di sekitar luka ditimbulkan oleh :

- timbulnya luka yang langsung merangsang ujung-ujung saraf sensoris
- tekanan dari *oedema*
- macam bakteri yang merangsang serabut saraf sensoris
- kimin yang merangsang ujung-ujung saraf sensoris
- prostaglandin yang menambah rasa sakit.

Akibat adanya rasa sakit dan bengkak pada daerah sekitar luka maka fungsi organ-organ sekitar luka pun menjadi terganggu, sebagai contoh, bila ada luka yang terinfeksi di telapak kaki maka fungsi kaki pada umumnya akan terganggu.

3. Pergerakan fagosit, Chemotaxin yang diproduksi komplemen di sekitar luka akan menuntun leukosit terutama netrofil dan monosit untuk berdiapedesis ke daerah luka. Di samping itu, daerah luka akan memproduksi *leucocytosis promoting factor* (LPF) yang akan merangsang sum-sum tulang untuk terus memproduksi netrofil.

Pada awal proses peradangan (30 menit sampai dengan 1 jam) netrofil akan melakukan fagositosis dengan cepat dan selanjutnya mati akibat kehadiran beberapa mikroorganisme yang memiliki *virulensi* lebih tinggi dari netrofil. Netrofil juga menghasilkan *defensin*, suatu zat yang mampu membunuh bakteri, jamur dan virus.

Pada tahap berikutnya monosit yang telah sampai ke daerah luka akan berubah menjadi makrofag dan mengganti kedudukan netrofil untuk melakukan fagositosis. Monosit memiliki ukuran yang lebih besar serta kemampuan fagositosis yang lebih tinggi dibanding netrofil sehingga lebih banyak mikroorganisme yang dibunuh.

Tahap inflammasi ini dapat berlangsung antara 1 sampai dengan 4 hari tergantung dari besarnya luka serta tingkat kontaminasi mikroorganisme atau tingkat infeksi yang terjadi pada luka tersebut.

Metodologi Penelitian

Metode dalam penulisan ini melalui prosedur studi literatur yang selanjutnya

dilakukan pengumpulan data untuk kepentingan analisis-sintesis dalam pemecahan masalah, pengambilan simpulan dan perumusan saran.

Studi Literatur

Penulisan karya ilmiah ini diawali dari studi berbagai literatur yang membahas tentang segala konsep yang berhubungan dengan tujuan penulisan karya ilmiah. Studi literatur dilakukan melalui pengkajian berbagai buku, jurna ilmiah dan internet. Adapun pokok-pokok bahasan yang dikaji meliputi :

- a. Klasifikasi Luka
- b. Peradangan
- c. Penyembuhan Luka

Prosedur Pengumpulan Data

Seluruh data yang diambil untuk dianalisis berasal dari buku, jurna ilmiah nasional dan internasional serta internet. Selanjutnya data tersebut akan dianalisis-sintesis sehingga diperoleh pemecahan masalah serta dapat ditarik suatu simpulan.

Metode Analisis dan Pemecahan Masalah

Metode analisis dalam memecahkan permasalahan dilakukan dengan cara :

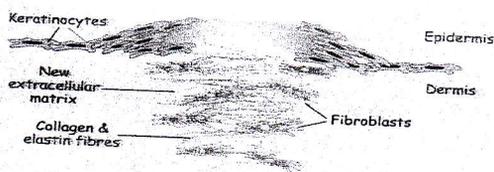
- a. Diskusi
- b. Komparasi
- c. Analisis yang mendalam

Analisis dan Sintesis

Saat terjadi luka, maka jaringan yang robek bukan hanya kulit dan otot melainkan termasuk pula jaringan di dalamnya termasuk pula pembuluh darah. Bila pembuluh darah terluka maka akan mengakibatkan keluarnya darah serta plasma darah dari pembuluh atau disebut perdarahan.

Kemal (1988, 36 – 39) dan Ganong (1995, 524 – 526) menjelaskan bahwa tubuh memiliki kemampuan untuk menghentikan perdarahan yang disebut hemostasis melalui 3 tahapan penting, yaitu :

1. Pengurangan perdarahan, proses ini dilakukan oleh pembuluh darah yang dilakukan melalui 2 tahapan utama, yaitu :
 - vasokonstriksi otot polos pembuluh darah yang terjadi akibat mekanisme refleksi dan pengeluaran *serotonin*, *tromboxan* serta *epinefrin* oleh trombosit yang pecah akibat bergesekan dengan kolagen yang kasar pada permukaan pembuluh darah yang luka.
 - Penekanan pembuluh darah oleh darah yang memasuki ruang interstitial jaringan.
2. Pembentukan sumpal trombosit, bila endothelium pembuluh darah robek maka trombosit akan bersentuhan dengan jaringan kolagen sub endothelium, terjadilah serangkaian reaksi yang mengakibatkan pelepasan *tromboxan* dan ADP. Selain berfungsi sebagai agen vasokonstriktor, *tromboxan* juga berfungsi sebagai agen pengikat antara kolagen dengan trombosit di daerah luka. Oleh karena itu, semakin banyak *tromboxan* dan ADP dihasilkan maka akan semakin tebal pula dibentuk sumpat trombosit di daerah luka. Namun demikian sumpat ini masih rapuh dan harus diperkuat dengan jalinan serat fibrin yang akan dibentuk saat terjadi koagulasi.



Gambar 3. Proses Penyembuhan Luka

3. Pembekuan darah (koagulasi), bekuan darah ini akan memperkuat penutupan luka pada pembuluh darah. Reaksi pembekuan darah (*koagulasi*) sangat rumit dan melibatkan sejumlah senyawa kimiawi yang disebut faktor-faktor pembekuan darah.

Proses pembekuan darah dibagi menjadi 3 tahapan pokok, yaitu :

- Pembentukan enzim aktifator protombin melalui jalur instrinsik dan ekstrinsik yang

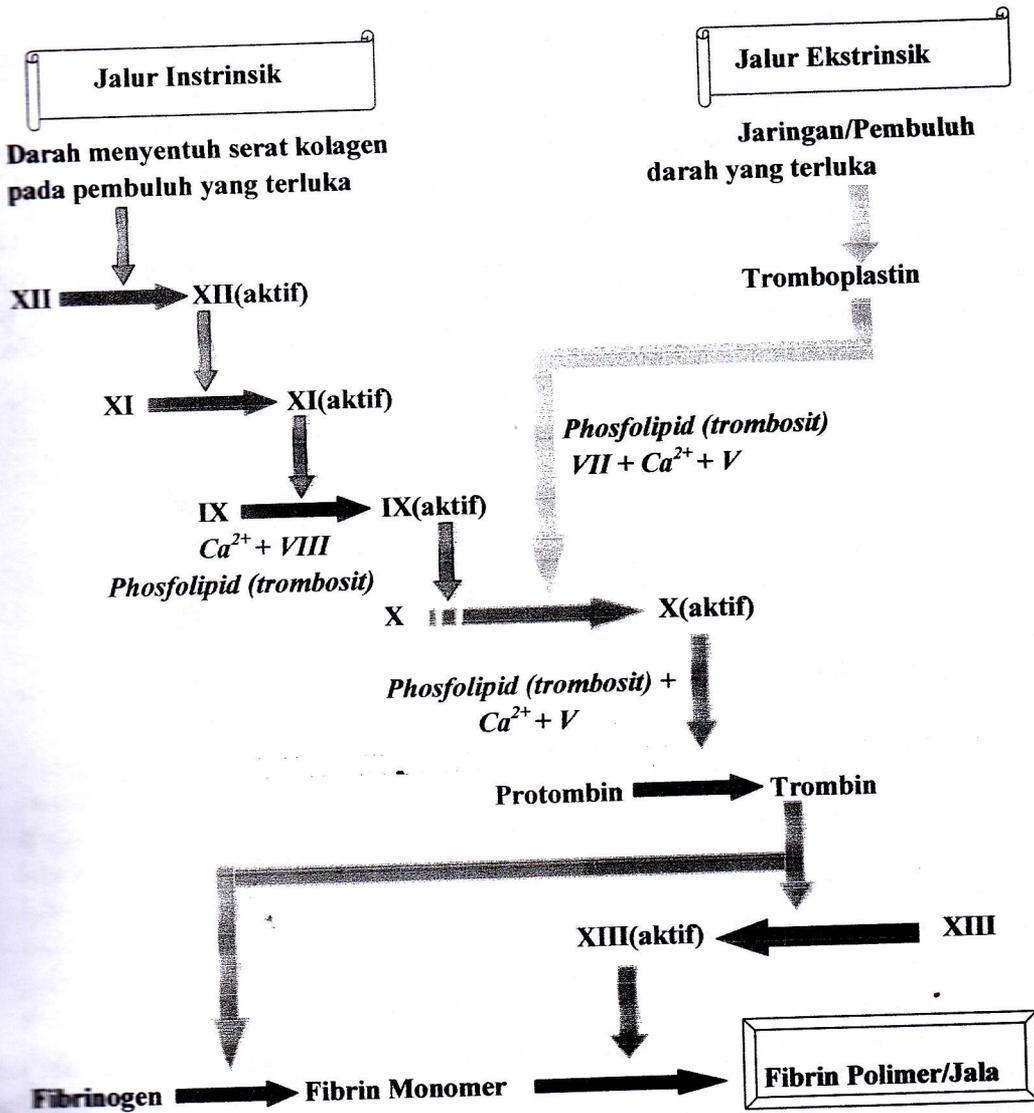
keduanya akan mengaktifkan faktor X (*Stuart factor*). Pada jalur *instrinsik*, semua zat yang terlibat di dalam pembekuan berasal dari darah. Darah yang bersentuhan dengan serat-serat kasar kolagen daerah luka secara bertahap akan mengaktifkan faktor XII (*Hageman factor*), faktor XI (*Plasma Tromboplastin Antecedent*), kemudian faktor IX (*Christmas factor*). Selanjutnya faktor IX akan mengaktifkan faktor X (*stuart factor*). Ditantu dengan faktor V (*labil factor/accelerator globulin*), ion kalsium dan fosfolipid dari trombosit maka faktor X akan membentuk aktifator protombin.

Di lain pihak, pada jalur *ekstrinsik*, jaringan dan pembuluh darah yang rusak akan menghasilkan faktor III (*tromboplastin*) dapat merubah faktor X menjadi aktifator protombin dengan bantuan ion kalsium, faktor VII (*stabil factor/proconvertin*), fosfolipid dari trombosit dan faktor V (*labil factor/accelerator globulin*), semua zat yang digunakan pada jalur ini bukan berasal dari darah. Dengan demikian jalur ekstrinsik lebih cepat dari jalur instrinsik.

- Pembentukan trombin (suatu enzim protease) dari protombin (suatu plasma protein yang diproduksi hati) yang dikatalisasi oleh faktor X aktif, ion kalsium, faktor V dan fosfolipid dari trombosit.
- Pembentukan serat fibrin yang tidak larut di dalam air dari fibrinogen (suatu protein plasma yang larut dalam air) dan dikatalisasi oleh faktor XIII (*fibrin stabilizing factor*) yang diaktifkan oleh trombin. Mula-mula trombin akan memecah fibrinogen menjadi serat fibrin monomer, selanjutnya monomer fibrin akan berpolimerisasi menjadi benang-benang fibrin yang halus. Dengan bantuan faktor XIII dan ion kalsium maka setiap untai benang fibrin akan berikatan secara kovalen dengan benang fibrin lain sehingga terbentuk jala fibrin yang kuat.

Darah yang membeku akan terperangkap ke dalam jala fibrin, selanjutnya jala fibrin akan mengkerut sehingga serum darah akan keluar.

Pengerutan jala fibrin akan menarik sisi luka sehingga lubang akan mengecil dan menghentikan perdarahan.



Gambar 4. Mekanisme Hemostasis

3.13 Regenerasi Sel Saraf

Sistem saraf pusat (otak dan medula spinalis) tidak memiliki kemampuan untuk melakukan regenerasi, dengan demikian bila terjadi kerusakan pada sistem saraf pusat biasanya bersifat permanen dan tidak bisa diperbaiki kembali sehingga organ yang diinervasinya akan kehilangan fungsinya secara total.

Berbeda dengan sistem saraf pusat, sistem saraf perifer memiliki kemampuan untuk melakukan regenerasi, dengan demikian kerusakan sistem saraf perifer terutama pada sel-sel saraf dengan akson yang bermielin akan mudah diperbaiki sehingga fungsi organ yang diinervasinya akan kembali normal.

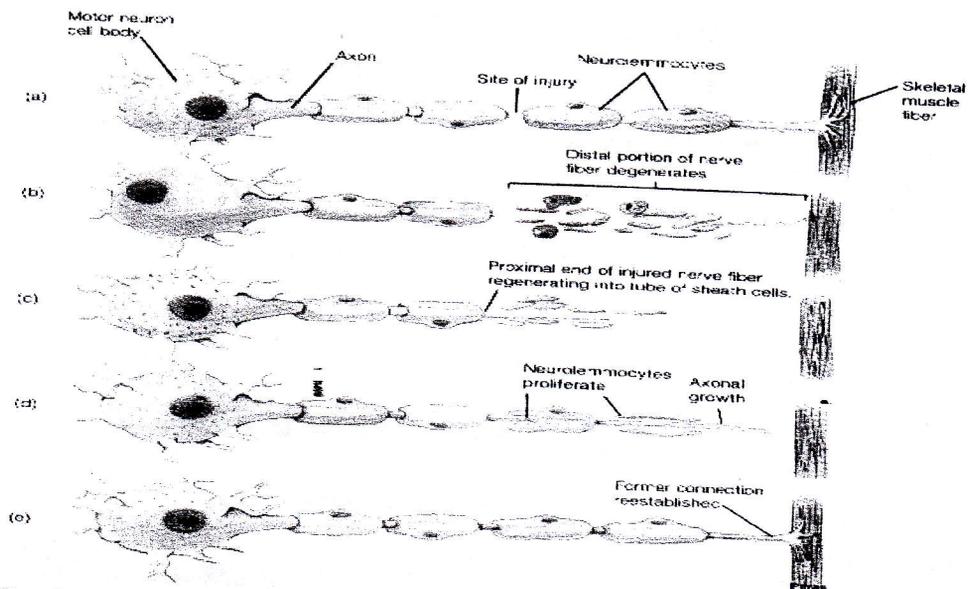
Tortora (2000, 405) menyatakan bahwa saat 24 sampai dengan 48 jam setelah terjadinya luka, badan Nissle pada neuron yang aksonnya

bermielin akan pecah membentuk granul kecil dan menyebar ke seluruh badan akson, proses ini disebut dengan *kromatolisis* yang biasanya dimulai antara badan Nissle dengan akson *hillock*. Akibatnya badan sel saraf akan mengalami pembengkakan dan berukuran maksimal antara 10 sampai dengan 20 hari setelah luka.

Antara 3 sampai dengan 5 hari kemudian di bagian distal akson yang terbungkus neurolemma akan mengalami kerusakan dan berubah menjadi tali gelombang yang ramping,

selanjutnya pecah menjadi fragmen-fragmen yang diikuti dengan hancurnya lapisan myelin akson, proses ini disebut *Wallerian degeneration*. Pada saat yang bersamaan terjadi proses fagositosis oleh makrofag terhadap reruntuhan dari bagian yang mengalami degenerasi.

Perubahan yang terjadi di bagian proksimal akson, disebut juga *retrograde degeneration*, hampir sama dengan yang terjadi pada proses *Wallerian degeneration*. Perbedaan utamanya terletak pada perubahan yang hanya ditekankan pada *nodus ranvier* yang pertama.



Gambar 5. Regenerasi Sel Syaraf di Daerah Luka

Seiring dengan proses kromatolisis, terlihat tanda dimulainya proses pemulihan melalui sintesis RNA dan akselerator protein yang akan membangun kembali akson yang telah rusak. Walaupun terjadi proses neuronal dan degenerasi dari selaput myelin, bungkus neurolemma masih tetap bertahan dan tidak hancur. Sel-sel Schwann yang berada disekitar tempat luka akan mengalami mitosis dan membentuk tabung regenerasi menyebarkan daerah luka. Tabung inilah yang akan menuntun proses regenerasi akson sel-sel saraf perifer. Pemulihan tersebut kadang-kadang berlangsung selama berbulan-bulan. Dengan demikian waktu pemulihan untuk sel-sel syaraf jauh lebih lambat

dibanding dengan sel-sel atau jaringan lain yang mengalami luka. Oleh sebab itu rehabilitasi fungsi organ memakan waktu yang cukup lama.

3.2 Tahap Proliferasi

Tahap proliferasi ini segera berlangsung hampir bersamaan dengan proses hemostasis regenerasi sel syaraf sehingga sebenarnya sangat sulit untuk memisahkan kedua tahapan ini karena berlangsung hampir bersamaan tetapi untuk mempermudah pembahasan maka keduanya dipisahkan.

Sel-sel epitel kulit bagian basal akan bermitosis dan selanjutnya sel-sel anak akan bermigrasi menyebarkan daerah luka untuk menyambungkan permukaan luka. Hal tersebut

berlangsung antara 24 sampai dengan 48 jam setelah terjadi luka dan sangat tergantung dari luas permukaan luka. Proses migrasi sel-sel epitel kulit tersebut juga ditingkatkan oleh aktifitas hiperplastik dari sum-sum tulang.

Selanjutnya jaringan fibroblast akan bermitosis dan membentuk kerangka atau kisi-kisi dari migrasi sel. Sel-sel epitel akan membentuk tunas di ujung-ujung luka yang akan berkembang menjadi kapiler untuk mendistribusikan sumber-sumber makanan bagi jaringan-jaringan baru yang berbentuk granula.

Fibroblast akan memulai sintesis kolagen yang akan menggantikan jaringan ikat di daerah luka. Selain itu, fibroblast juga akan membentuk *mukopolisakarida*. Setelah 2 sampai 4 minggu, rantai-rantai asam amino tertentu disintesis membentuk sertra-serat yang memiliki panjang dan diameter tertentu dan membentuk bundel-bundel yang memiliki pola-pola yang tetap. Sintesis kolagen ini akan menurunkan jumlah kapiler makanan.

Akhirnya sintesis kolagen akan menurun sehingga jumlah kolagen yang dibentuk akan sebanding dengan jumlah kolagen yang dihancurkan sehingga setelah 2 minggu diameter luka akan mengecil sebanyak 3 - 5 % dari lebar luka semula dan pada akhir bulan pertama lebar luka akan direduksi 35 sampai 60 % tetapi tidak pernah lebih dari 80 % dari lebar luka semula. Proses ini melibatkan sejumlah vitamin dan sedikit vitamin C.

3.3 Tahap Pematangan

Setelah 3 minggu dari terjadinya luka, fibroblast yang telah menjadi kolagen akan mulai terlepas meninggalkan luka. Bekas luka akan terlihat masih besar sampai benang-benang kolagen membentuk posisi yang lebih ketat yang akan mereduksi bekas luka tetapi memperkuat penutupan luka itu sendiri.

Kekuatan maksimum yang dibentuk kolagen akan terjadi setelah 10 sampai 12 minggu tetapi tidak pernah mencapai kekuatan jaringan semula sebelum terjadinya luka. Selain itu akibat hadirnya serat-serat kolagen pengganti

jaringan yang rusak di daerah luka, maka penampilan daerah tersebut juga tidak akan bisa seperti semula sebab arah dan susunan serat kolagen tidak sama dengan jaringan semula. Hal tersebut akan meninggalkan bekas luka yang dikenal dengan jaringan parut.

Penggantian jaringan yang rusak bukan hanya terjadi pada kulit tetapi juga terjadi pada jaringan otot yang ikut robek, dengan demikian pada bagian tersebut akan terdapat sejumlah jaringan parut yang menggantikan posisi sebagian jaringan otot, hal tersebut tentu saja akan menurunkan kemampuan fungsi dari jaringan otot itu sendiri. Contoh paling menarik ialah timbulnya jaringan parut pada bagian tertentu dari jantung akibat operasi yang akan menurunkan kemampuan kontraksi bagian otot jantung tersebut.

Kesimpulan

Peradangan dan pemulihan luka merupakan benteng proteksi yang otomatis tersedia di dalam tubuh untuk melindungi kelangsung fungsi dari organ dan jaringan yang mengalami luka.

Proses peradangan dan pemulihan membutuhkan sejumlah senyawa kimia guna menjaga daerah luka dari serangan mikroorganisme serta membangun struktur penutup luka itu sendiri.

Kecepatan penutupan luka sangat tergantung dari jenis luka, lebar luka, dan adanya infeksi pada daerah luka. Oleh karena itu, disarankan untuk tetap menjaga daerah luka selalu terbebas dari kontaminasi mikroorganisme patogen sehingga akibat yang lebih buruk dari timbulnya luka akibat kecelakaan bisa diminimalisasi.

Proses pemulihan luka bukan hanya meliputi penutupan luka pada permukaan kulit tetapi juga meliputi penutupan pembuluh darah yang terkoyak, regenerasi dari sel-sel saraf perifer serta penggantian jaringan otot oleh serabut kolagen.

Kemampuan fungsional jaringan atau organ yang terluka akan mengalami penurunan

meskipun telah dilakukan upaya pemulihan. Hal tersebut disebabkan oleh adanya penggantian sejumlah jaringan asal oleh serabut kolagen yang memiliki struktur dan fungsi tidak sama dengan jaringan semula.

Rekomendasi

Perlu dilakukan pengkajian dan penelitian lebih lanjut secara *invitro* maupun *invivo* terhadap berbagai variabel yang berperan dalam mekanisme inflamasi dan penyembuhan luka. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang lebih variatif dan akurat sehingga dapat diketahui lebih jauh lagi mengenai efek kronik maupun akut yang ditimbulkan oleh adanya suatu luka dan penyembuhannya

Daftar Pustaka

- Ganong, William F., *Buku Ajar Fisiologi Kedokteran*, edisi 17, Jakarta ; EGC, 2005.
- Gerrit Bevelander, *Dasar-Dasar Histologi*, Jakarta ; Erlangga, 2008.
- Guyton Arthur C., *Buku Teks Fisiologi Kedokteran*, edisi 5, Jakarta ; EGC, 2011.
- Kemal Adyana Kurnadi, *Dasar-dasar Anatomi dan Fisiologi Manusia*, Bandung ; IKIP, 2008.
- Kapit, Wynn, *The Physiology Coloring Book*, Cambridge ; Harper Collins Publisher, 2008.
- Murray Robert K., *Biokimia Harper*, edisi 24, Jakarta ; EGC, 2007.
- Patton Harry D., *Textbook of Physiology*, Philadelphia ; W.B. Saunders Co., 2009.
- Robbins, Stanley L., *Buku Ajar Patologi*, edisi 4, Jakarta ; EGC, 2002.
- Tortora Gerard J., *Principles of Anatomy and Physiology*, New York ; John Willey & Sons, 2002.
- Sherwood Lauralee, *Human Physiology, from Cells to System*. 3rd Edition. Belmont ; Wadsworth Publishing Co., 2007.