



Luka Bakar

Masalah dan Pertolongan Pertama

Pengetahuan praktis untuk Masyarakat Awam

Yefta Moenadjat

Departemen Ilmu Bedah
Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
RS dr Cipto Mangunkusumo
Jakarta
2017

**Luka Bakar:
Masalah dan Pertolongan Pertama
Pengetahuan Praktis untuk Awam**

Yefta Moenadjat

Departemen Ilmu Bedah
Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia
RSUPN Dr Cipto Mangunkusumo, Jakarta
2017

Luka Bakar:
Masalah dan Pertolongan Pertama
Pengetahuan Praktis untuk Awam

Penulis: Yefta Moenadjat

ISBN: 978-602-60426-5-1

ISBN 978-602-60426-5-1



© Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang 217
Diterbitkan oleh Departemen Ilmu Bedah Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia Jl Diponegoro 71,
Jakarta 10430 Tel./Faks + 62 21 3100050
E-mail: departemenbedah@yahoo.com

Daftar Isi

	Halaman
Kata Pengantar	i
Pendahuluan	1
Luka bakar termal	5
<i>Frostbite</i>	14
Luka bakar kimia	17
Luka bakar listrik	21
Tata laksana	24
Adendum	39
Daftar Pustaka	39

Kata Pengantar

Assalamu ‘alaikum wr.wb.

Dari pengalaman sejak 1998 menekuni bidang luka bakar, hingga akhir tahun 2017 ini tidak banyak buku yang mengupas penjelasan luka bakar secara ilmiah untuk masyarakat awam di Indonesia. Hal ini dikaitkan dengan demikian banyak kejadian luka bakar di dalam kehidupan sehari-hari dari baik di rumah tangga maupun di tempat kerja yang jumlahnya jauh melebihi kecelakaan masal maupun bencana alam seperti gunung meletus. Meski tidak ada data pasti mengenai kejadian luka bakar di rumah sakit di seluruh Indonesia, terlebih data luka bakar yang tidak dirawat, survei kesehatan (riset kesehatan dasar, RisKesDas 3013) menyantumkan lebih kurang 2% kejadian luka bakar yang memerlukan pertolongan kesehatan.

Kejadian ini tidak diinginkan oleh setiap orang. Manakala terjadi, tidak banyak orang mengetahui bagaimana melakukan pertolongan pertama; paling tidak mengetahui apa yang harus dilakukan untuk menolong korban sehingga luka bakar yang dialami tidak bertambah berat dan tidak berakhir dengan kematian.

Sebagaimana disampaikan pada alinea di atas, luka bakar mencakup ruang luas dan multidimensi; tergantung sudut pandangnya. Berdasarkan hal tersebut, luka bakar disebut-sebut sebagai *multifaceted injury* (berbagai penampilan) bahkan pada satu orang sekalipun, beragam respon yang terjadi dan beragam kemungkinan yang timbul.

Bila penampilan sudah berbeda, tata laksana luka bakar juga dihadapkan pada berbagai teori dan paham sehingga demikian banyak ragam tata laksana, mulai baik secara medik maupun tradisional, dan rasional maupun mitos. Pengertian mitos tidak hanya berkembang di kalangan awam, namun juga dijumpai di kalangan medik; bukan hanya di Indonesia namun juga di negara-negara maju. Masyarakat awam perlu mengetahui dan memahami permasalahan pada luka bakar, apa dan bagaimana mencegah serta melakukan pertolongan pertama. Masyarakatpun perlu mengetahui dan memahami kriteria luka bakar yang memerlukan perawatan rumah sakit. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah penyampaian informasi menyeluruh dalam Bahasa Indonesia yang mudah dimengerti oleh awam dan dapat diterima sehingga masyarakat semakin sadar akan permasalahan dan pertolongan yang harus dilakukan saat dirinya atau orang terdekat mengalami luka bakar. Pada kesempatan ini kami mencoba menyusun pengetahuan kami mengenai luka bakar ditunjang penelitian-penelitian medik sah yang memiliki bukti ilmiah yang terkini, agar tercapai tujuan penyampaian informasi dimaksud.

Kami berharap dengan adanya buku yang merupakan informasi mengenai luka bakar akan bermanfaat bagi masyarakat awam di Indonesia. Perkenankan maaf kami bila dijumpai kekurangan maupun ketidaksesuaian dalam penyampaian; terutama penggunaan bahasa yang terkendala menerjemahkan ke dalam Bahasa awam. Kamipun mohon maaf kepada pihak-pihak yang terkait secara langsung maupun tidak langsung terkait dalam praktik tata laksana luka bakar di lapangan.

Semoga bermanfaat

Wassalamu ‘alaikum wr.wb.

Yefta Moenadjat

1. Pendahuluan

Luka bakar merupakan suatu bentuk kerusakan jaringan akibat kulit (dan jaringan dibawahnya) terpapar pada suhu tinggi (api, air panas, minyak panas, radiasi), bahan kimia, dan listrik.ⁱ Dalam literatur berbahasa Inggris, luka bakar disebut *burn injury* atau *burns*, atau *thermal injury* dan dalam bahasa Latin disebut *combustio*.ⁱ Terminologi *burns* menjelaskan luka bakar secara umum, sedangkan secara khusus luka bakar akibat air panas disebut *scalds*, akibat bahan kimia disebut *chemical burn*, akibat listrik disebut *electric burn*. Setiap jenis luka bakar ini memiliki karakteristik dan masalah tersendiri sehingga memerlukan pembahasan secara terpisah. Luka bakar ini tentu disertai kehilangan jaringan (per definisi 'luka' adalah terputusnya integritas jaringan, dalam hal ini kulit dan jaringan lainnya; dengan atau tanpa kehilangan jaringan),ⁱⁱ sehingga luka bakar tidak diklasifikasikan dalam kategori luka, namun merupakan topik tersendiri dalam kategori kasus cedera.

Secara umum kerusakan yang terjadi memiliki kesamaan berupa denaturasi proteinⁱⁱⁱ dengan derajat berbeda. Denaturasi protein dapat dijelaskan secara sederhana sebagai

ⁱ *Combustio* (baca: kombusio) dalam bahasa Inggris *combustion* memiliki pengertian pembakaran suatu zat oksidatif (misal, oksigen) untuk menghasilkan energi. Misalnya, energi yang berasal dari bahan bakar *petroleum* diubah di ruang bakar (*combustion chamber*) menjadi tenaga yang mendorong piston dan menggerakkan tuas mesin. Pada luka bakar, energi yang diubah adalah energi yang berasal dari jaringan. Meski tidak terlalu tepat, penggunaan istilah *combustio* di masa lalu didasari penjelasan tersebut.

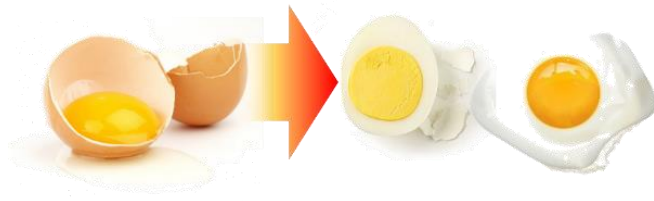
ⁱⁱ Dalam bahasa latin disebut *vulnus*.

ⁱⁱⁱ Secara sederhana denaturasi protein dijelaskan sebagai peristiwa terurainya ikatan polipeptida yang menghubungkan molekul-molekul protein. Dalam pengertian ilmu biokimia, struktur protein terdiri dari struktur primer (beberapa jenis asam amino tersusun dalam suatu rangkaian ikatan peptida), struktur sekunder (rangkaiannya asam amino membentuk spiral sederhana alfa heliks yang terhubung pada suatu plat/lembaran terlipat lempeng beta, membentuk motif dan domain), struktur tersier (hubungan antara motif dan domain protein yang terselenggara melalui ikatan hidrogen, ion dan disulfida memberi bentuk tiga dimensi suatu jenis protein yang larut dalam air; misalnya mioglobin), dan struktur kuartener (beberapa kompleks protein membentuk suatu protein kompleks yang memiliki sifat tidak larut dalam air, misalnya hemoglobin). Denaturasi disebutkan sebagai penguraian struktur protein yang lebih terorganisasi baik (tersier dan kuartener).

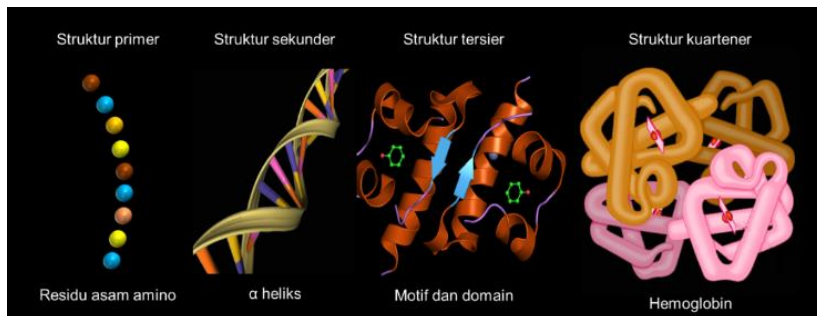
suatu peristiwa alam yang terjadi pada telur ayam (benda cair), berubah wujud (menjadi benda padat) setelah paparan pada suhu tinggi.

Kecepatan reaksi suatu jenis protein pada proses metabolisme di dalam tubuh ditentukan oleh suhu; rentang suhu optimal suatu protein berada pada suhu 37–40°C. Bila batas suhu tersebut dilampaui, maka kerusakan struktur protein akan terjadi dalam waktu singkat, sehingga fungsi protein tersebut mengalami penurunan secara cepat.²

Per definisi, denaturasi protein adalah terurainya ikatan-ikatan yang menghubungkan struktur protein, sehingga tidak larut dalam air, tidak berfungsi, mengalami koagulasi (penggumpalan).²⁻⁴

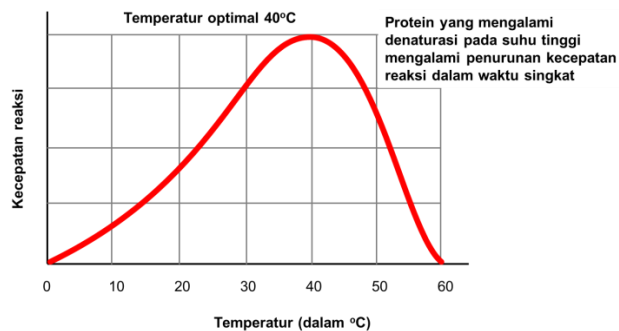


Gambar 1. Proses denaturasi protein pada telur ayam. Protein yang berwujud benda cair di dalam kulit (larut dalam air) mengalami denaturasi pada pemanasan baik direbus dalam air panas (gambar telur di kanan atas) maupun digoreng (gambar kanan bawah) menjadi benda padat yang tidak larut dalam air. Ketidaklarutan dalam air dijelaskan akibat terurainya ikatan hidrogen yang menghubungkan rangkaian struktur protein.



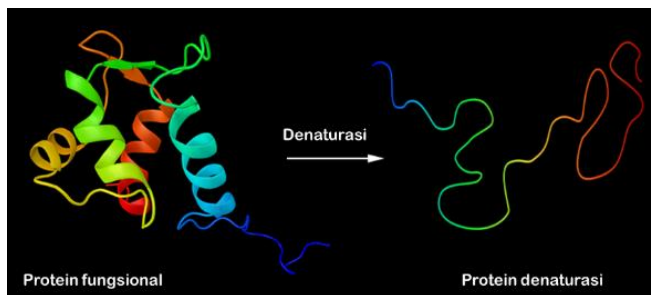
Gambar 2. Struktur protein. Empat struktur protein, yaitu struktur protein primer, terdiri dari rangkaian asam amino yang terhubung oleh ikatan peptida; struktur protein sekunder, terdiri dari rangkaian asam amino yang tersusun sebagai alfa heliks dan terhubung dengan lempeng beta oleh ikatan hidrogen, membentuk motif dan domain; struktur protein tersier terbungkan

satu sama lain oleh ikatan hidrogen, ion dan ikatan disulfida; dan struktur protein kuartener, terdiri dari beberapa struktur protein tersier memberi bentuk tiga dimensi protein. Struktur pertama merupakan protein sederhana, yang lainnya merupakan struktur yang terorganisasi baik. Ikatan-ikatan antar molekul merupakan hubungan dinamik (bukan ikatan statik) yang dipengaruhi oleh lingkungan fisik dan kimiawi.



Gambar 3. Kurva kecepatan reaksi suatu protein pada berbagai temperatur.

Derajat kerusakan (denaturasi protein) bergantung pada temperatur dari sumber panas dan waktu berlangsungnya kontak antara kulit dengan sumber panas. Berbagai penelitian pada luka bakar sejak tahun 1940 hingga 2016 dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kedalaman dan jenis kerusakan kulit menunjukkan berbagai kedalaman luka bakar dikaitkan dengan waktu paparan.^{2,5,6}



Gambar 4. Proses denaturasi protein, ikatan-ikatan protein terurai karena pengaruh suhu dan atau kimiawi menyebabkan rangkaian struktur protein terurai. Fungsi protein yang mengalami mengalami penurunan atau tidak berfungsi samasekali.

Tabel 1. Berbagai kedalaman luka bakar dikaitkan dengan temperatur dan waktu berlangsungnya paparan.^{7,8}

Tipe LB	Waktu paparan (dalam menit dan detik)							
	45°C	50°C	55°C	60°C	65°C	70°C	75°C	80°C
Dewasa derajat III	>60m(e)	300d	28d	5,4d	2d	1d	0,7d	0,6d
Dewasa derajat II	>50m(e)	165d	15d	2,8d	1d	0,5d	0,36d	0,3d
Anak derajat III	>40m(e)	160d	8d	1,5d	0,5d	0,2d	0,18d	0,1d
Anak derajat II	>30m(e)	105d	3,2d	0,7d	0,2d	0,15d	<0,1d	<0,1d

Keterangan: LB: luka bakar, m: menit, e: estimasi, d: detik

Kerusakan dermis (lapisan kulit yang paling tebal) terjadi pada paparan suhu 48,9°C selama 5 menit, sedangkan pada suhu 68,3°C kerusakan yang sama terjadi hanya dalam waktu satu detik. Khusus untuk air panas, penelitian yang dilakukan pada kasus luka bakar yang terjadi di rumah tangga akibat air panas (*scalds*) menunjukkan paparan waktu sebagaimana dilihat pada tabel 2.^{7,9,10} Terlihat temperatur dengan warna merah (49°C) menunjukkan temperatur maksimum untuk kriteria ‘panas (*hot*)’ yang direkomendasikan oleh *American journal of public health* untuk aspek keamanan penggunaan peralatan rumah tangga (misalnya temperatur maksimal untuk pemanas air, *dispenser*, dsb). Hal ini didasari tingginya luka bakar yang merupakan kecelakaan rumah tangga akibat air panas terutama pada anak-anak.

Tabel 2. Kedalaman luka bakar dikaitkan dengan temperatur air panas dan waktu berlangsungnya paparan

Tipe LB	45°C	47°C	48°C	49°C	51°C	55°C	60°C
Derajat II Kerusakan reversibel	2jam	20m	15m	8m	2m	17d	3d
Derajat III Kerusakan ireversibel	3jam	45m	20m	10m	4,2m	30d	5d

Dikutip dari Burn care... *Everywhere* Foundation, Inc. Keterangan: m: menit, d: detik.

Penelitian yang dilakukan khusus untuk pemanfaatan energi panas pada prosedur pembedahan menunjukkan perubahan sel/jaringan terhadap panas berlangsung secara bertahap tergantung ketinggian suhu. Perubahan ini ditunjukkan sebagaimana pada luka bakar.¹¹

Tabel 3. Efek pada sel/jaringan pada berbagai ketinggian suhu

37-43°	Pemanasan sel/jaringan
43-45°	Retraksi (pengerutan)
> 50°	Penurunan aktivitas enzim
45-60°	Denaturasi protein (koagulasi)
90-100°	Pengeringan sel/jaringan (dehidrasi)
>100°	Keluarnya cairan dari dalam sel menyebabkan kerusakan membran sel
>150°	Karbonisasi

Dari tabel 3 di atas terlihat bahwa penurunan fungsi terjadi pada suhu di atas 50, dan tidak dapat kembali di atas 60°C (perubahan ireversibel). Peristiwa selanjutnya, kerusakan sel akan memicu respon inflamasi yang bersifat sistemik sehingga luka bakar merupakan masalah sistemik (tidak hanya di tingkat lokal cedera) disertai kekacauan sistem metabolisme dengan derajat keparahan tinggi yang kerap berlanjut dengan kegagalan multi organ yang berakhir fatal. Berdasarkan hal ini, luka bakar disebut sebagai seberat-berat kasus trauma yang memiliki beragam manifestasi (*multifaceted injury*) bermula sejak awal hingga akhir dengan masalah yang tak kunjung padam.

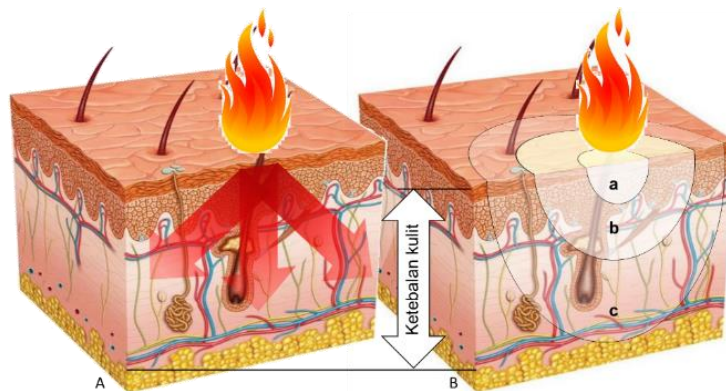
2. Luka Bakar Termal

Luka bakar termal atau luka bakar akibat suhu tinggi merupakan kasus terbanyak, dibandingkan dengan luka bakar

lainnya (suhu rendah, kimia, listrik/ petir, dan radiasi). Luka bakar ini dapat terjadi di rumah tangga maupun di tempat kerja sepanjang masa. Karena terjadi sehari-hari sepanjang tahun, jumlahnya jauh lebih besar dibandingkan bencana alam seperti gunung api meletus atau bencana alam lainnya yang kejadiannya bersifat insidental.

Kerusakan jaringan pada luka bakar akibat suhu tinggi merupakan model dari luka bakar jenis lainnya, diawali oleh adanya kontak dengan sumber panas dengan suhu tertentu selama satu kurun waktu tertentu. Panas yang diterima oleh lapisan keratin (lapis tanduk kulit yang letaknya paling di permukaan) diteruskan ke jaringan dibawahnya dan jaringan sekitar. Kerusakan paling hebat dijumpai di daerah kontak berupa koagulasi, dan semakin jauh dari daerah kontak kerusakan semakin minim karena suhu mengalami penurunan (diserap oleh sel/jaringan di atasnya). Berdasarkan penelitiannya, Jackson (1953)¹² membedakan tiga zona luka bakar yang hingga kini dijadikan pedoman tata laksana.

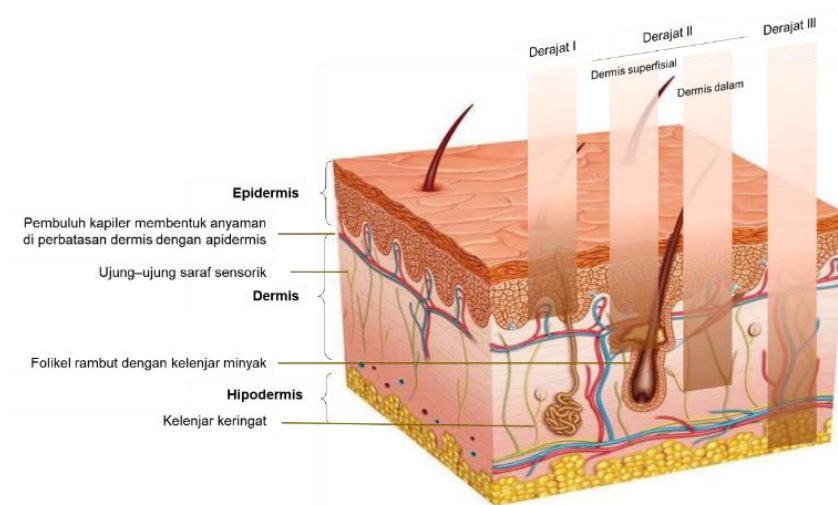
Tergantung suhu dan lamanya paparan dengan sumber, koagulasi protein terjadi pada lapisan-lapisan kulit sebagaimana dijelaskan oleh Jackson¹² setelah pendahulunya¹³ dan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Model luka bakar menurut Jackson. A. Panas yang berasal dari sumber (pada gambar ini dilukiskan oleh api) diteruskan ke jaringan sekitar.

Daerah kontak menerima panas sesuai suhu sumber. Panas ini diserap oleh sel/jaringan sehingga semakin jauh dari sumber panas semakin berkurang. B. Daerah yang kontak secara langsung mengalami koagulasi, disebut zona koagulasi (a), zona di sekitar, aliran darah kapiler terhenti total, disebut zona stasis (b) dan pembuluh darah di luar zona stasis mengalami pelebaran sehingga tampak kemerahan, disebut zona hiperemia (c).

Pertama, luka bakar superfisial (permukaan) yang sebelumnya disebut luka bakar derajat satu (*first degree burns, superficial burns*). Koagulasi terjadi pada lapis epidermis (lapis kulit paling superfisial) semata. Hal ini umumnya terjadi pada paparan sinar matahari (*sunburn*). Permukaan kulit terlihat kemerahan, iritasi pada ujung-ujung saraf sensibilitas pada lapis epidermis menyebabkan keluhan nyeri (*burning sensation*). Karena sel-sel yang berperan dalam regenerasi kulit yang letaknya di lapis basal dalam keadaan utuh, maka luka bakar jenis ini umumnya mengalami penyembuhan spontan dalam beberapa hari.

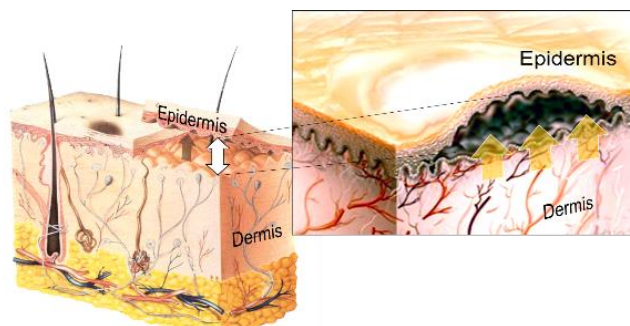


Gambar 6. Kedalaman luka bakar. Menurut Jackson dibedakan derajat satu, dua dan tiga. Saat ini, klasifikasi lebih tertuju pada lapisan terkena; yang penting untuk prediksi proses penyembuhan spontan.



Gambar 7. Luka bakar superfisial (derajat I. ditunjukkan oleh tanda panah) akibat paparan sinar matahari dengan kerusakan jaringan meliputi lapis epidermis berupa kemerahan (eritema).

Kedua, luka bakar sebagian ketebalan kulit (*partial thickness burns*) yang sebelumnya disebut luka bakar derajat dua (*second degree burns*).¹⁴ Terdiri dari luka bakar dermis superfisial (*superficial dermal burns*) dan dermis dalam (*deep dermal burns*). Lapis dermis mengalami koagulasi; pada tipe superfisial tidak lebih dari sepertiga ketebalan dermis di bagian permukaan sedangkan pada tipe dalam lebih dari dua pertiga ketebalan dermis (gambar 8).



Gambar 8. Luka bakar dermis superfisial. Koagulasi protein terjadi pada epidermis dan sepertiga bagian superfisial dermis. Protein penghubung epidermis dengan dermis terurai menyebabkan lapis epidermis terlepas dari jaringan dermis diikuti imbibisi (rembesan) cairan plasma dari anyaman pembuluh darah di lapis dermis dan terakumulasi di ruang yang terbentuk. Kondisi ini disebut lepuh.

Koagulasi pada sel-sel yang menghubungkan epidermis dengan dermis menyebabkan pertautan epidermis ke dermis

terlepas; sehingga terbentuk ruang yang dalam waktu 1–2 jam pascapaparan akan terisi oleh imbibisi cairan plasma memenuhi ruang tersebut. Ruang berisi cairan ini disebut lepuh, (Latin: *bula*, jamak: *bulae*, Inggris: *blister*) dan merupakan karakteristik luka bakar dermal superfisial.¹⁴



Gambar 9. Lepuh menunjukkan koagulasi protein yang menghubungkan lapis epidermis dengan lapis dermis. Pada ruang yang terbentuk terisi oleh cairan plasma, yang bila lapis epidermis tersebut dibuang (seperti yang tampak pada gambar sisi kanan) akan tampak permukaan lapis dermis yang basah berlapis plasma. Pada gambar kanan ditunjukkan pula lapis epidermis yang tidak lagi melekat pada dasarnya (berwarna keputihan) menunjukkan lapis tersebut tidak vital.

Iritasi ujung–ujung saraf sensorik yang terletak di lapis dermis superfisial menyebabkan nyeri. Karena sebagian besar sel–sel yang bertanggungjawab dalam regenerasi (misal, kelenjar keringat, kelenjar minyak rambut dsb yang merupakan integumentum kulit) berada dalam keadaan utuh, maka penyembuhan spontan biasanya terjadi dalam kurun waktu 14 hari; kecuali pada luka yang mengalami komplikasi misalnya terinfeksi.^{12,14}



Gambar 10. Luka bakar dermis dalam. Pada kedua gambar di atas lapis epidermis hilang, lapis dermis berwarna merah lebih gelap, kering (tidak mengkilat karena pantulan cahaya, jelas terlihat pada kedua gambar). Pada penekanan (gambar kanan), pengisian pembuluh kapiler lebih lambat dari dua detik; menggambarkan gangguan aliran pada anyaman pembuluh darah dermis yang letaknya lebih dalam.

Koagulasi protein pada luka bakar dermis dalam melibatkan lebih dari duapertiga lapis dermis. Luka bakar ini diikuti gangguan aliran pada pembuluh-pembuluh kapiler di lapis dermis, memberikan warna lebih gelap, kering dan sensasi nyeri tidak sehebat pada luka bakar superfisial. Sebagian besar sel-sel yang bertanggungjawab dalam regenerasi berada dalam keadaan rusak, maka penyembuhan spontan biasanya terjadi dalam kurun waktu 21–30 hari.^{12,14}



Gambar 11. Luka bakar seluruh ketebalan kulit menyebabkan seluruh lapis epidermis dan dermis mengalami kekakuan, tidak elastis, mengering dan berwarna putih/kekuningan; disebut eskar.

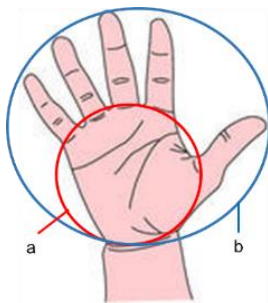
Pada luka bakar dalam (*deep burns*) atau seluruh ketebalan kulit (*full thickness burns*), koagulasi melibatkan seluruh ketebalan kulit, sehingga warna kulit berubah keputihan dengan konsistensi tidak elastis; disebut eskar (*eschar*). Ujung-ujung saraf sensorik rusak sehingga tidak ada nyeri

(bahkan sensibilitas sekalipun), tidak ada tanda kehidupan, pengembalian/pengisian pembuluh kapiler pada penekanan tidak terjadi; yang membedakannya dengan luka bakar dermis dalam.¹⁵

Pada luka bakar yang melibatkan seluruh ketebalan kulit ini sel-sel yang bertanggungjawab dalam regenerasi mengalami kerusakan (koagulasi) sehingga regenerasi spontan tidak dimungkinkan.¹⁶

Masalah dalam praktik klinik umumnya luka bakar dengan kedalaman sebagaimana diuraikan sebelumnya dijumpai dalam bentuk kombinasi, gabungan dari beberapa kedalaman. Di daerah yang langsung terpapar dengan sumber umumnya paling dalam, makin ke tepi atau disekitarnya lebih superfisial.¹⁶

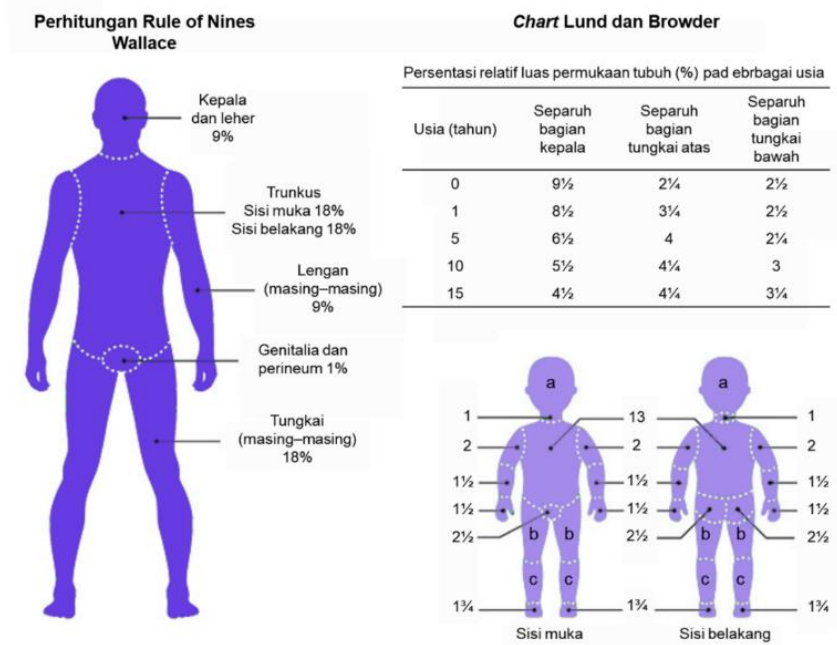
Derajat keparahan luka bakar tidak hanya ditentukan oleh kedalaman sebagaimana diuraikan namun juga luas luka bakar. Luas luka bakar diperhitungkan dengan kalkulasi luas daerah terkena (selanjutnya disebut sebagai luas luka bakar) di permukaan tubuh. Kalkulasi dilakukan berdasarkan estimasi yang dihitung menerapkan persentasi luas, dimana 1% adalah luas permukaan tangan penderitanya.¹⁷⁻¹⁹ Berdasarkan persentasi luas tersebut, kalkulasi luas luka bakar dibandingkan dengan luas permukaan tubuh dikenal dua pola perhitungan yang digunakan, yaitu *rule of nines* dari Wallace (1951)^{20,21} dan *chart* dari Lund dan Browder.^{19,22,23}



Gambar 12. Antropologi luas permukaan palmar tangan.

a. Luas telapak tangan tanpa sisi palmar jari 0.5% luas permukaan tubuh. b. Telapak tangan dengan sisi palmar kelima jari 0.98% luas permukaan tubuh.

Klasifikasi derajat keparahan didasari pada luas luka bakar, akibat terganggunya sirkulasi²⁴ yang menyebabkan gangguan sistem metabolisme di seluruh tubuh (berdasarkan gangguan metabolisme ini luka bakar disebut sebagai seberat-berat trauma¹⁷) dan penyulit yang timbul.²⁵ Penyulit yang timbul antara lain konversi luka yang dijelaskan sebagai perburukan misalnya luka semakin luas dan dalam dalam beberapa waktu (umumnya 3–5 hari pascatrauma) akibat denaturasi kolagen, gangguan sirkulasi, atau atau terinfeksi.^{26,27} Kolagen yang rusak akibat denaturasi menjadi penyebab gangguan sirkulasi dan bertanggungjawab pada edema yang berkepanjangan.^{5,28,29} Sel-sel darah yang merupakan protein di dalam pembuluh darah di zona stasis mengalami penggumpalan sehingga aliran terhenti samasekali; jaringan yang mengalami penurunan aliran mengalami kematian (nekrosis) sehingga luas luka bakar semakin besar. Komposisi jaringan rusak (mati) akan terurai dan merupakan racun (toksin)^{30,31} yang sangat ganas karena merusak sel-sel dan jaringan di seluruh tubuh menyebabkan sindrom sepsis dan kegagalan fungsi organ tubuh penting tertentu (ginjal, saluran cerna, paru, dsb) yang berakhir fatal.^{17,24,28,32,33}



Gambar 13. Perhitungan luas luka bakar menggunakan rumus *rule of nines* dari Wallace untuk dewasa dan *chart* dari Lund dan Browder untuk anak.

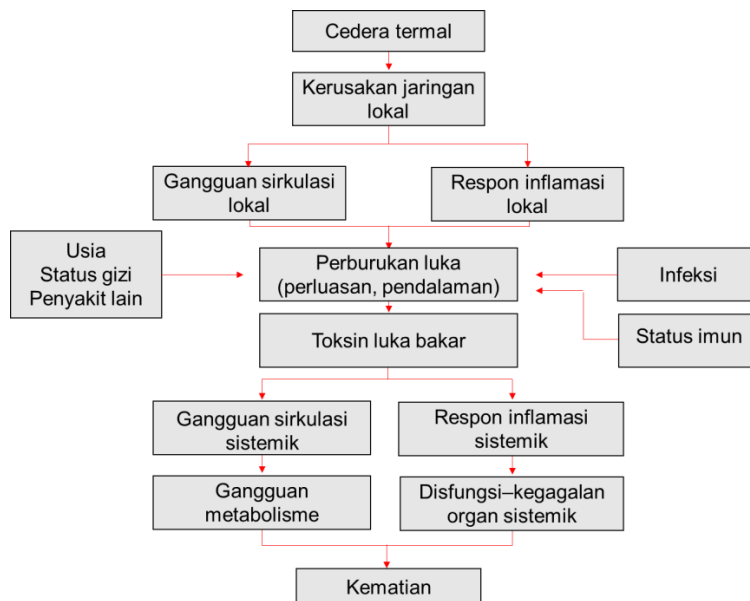
Isu mengenai konversi luka ini menjadi topik yang terus diteliti, karena hingga saat ini masih banyak hal yang belum diketahui secara pasti faktor yang berperan; yang diyakini oleh sebagian besar para praktisi disebabkan oleh infeksi luka.

Permasalahan sebagaimana dimaksud tidak terjadi pada semua kasus, namun pada luka bakar kritis.^{iv} Asosiasi luka bakar di negara maju seperti Amerika dan Australia menetapkan kriteria luka bakar kritis sebagai berikut:^{9,14,24}

- Luas luka bakar >25% pada usia dewasa atau >20% pada usia rentan (orang tua dan anak-anak)
- Luka bakar dalam (seluruh ketebalan kulit) >10%
- Luka bakar mengenai daerah penting: muka, leher, tangan, genitalia dan perineum
- Cedera inhalasi (luka bakar mengenai saluran napas)

^{iv} Pengertian 'kritis' dimaksud adalah kasus yang dihadapkan pada kemungkinan fatal

- Luka bakar listrik dan petir
- Luka bakar melingkar pada lengan dan dada
- Luka bakar dengan trauma lainnya
- Luka bakar pada penderita dengan penyakit serius, seperti penyakit jantung, tekanan darah tinggi, ginjal, dsb.



Gambar 14. Perjalanan luka bakar dan faktor yang berperan. Konversi (perburukan) luka merupakan hal yang terjadi akibat terganggunya sirkulasi dan tata laksana yang tidak tepat. Kematian jaringan menyebabkan jaringan terurai dan merupakan racun (toksin) yang sifatnya merusak sel di seluruh tubuh.

3. Frostbite

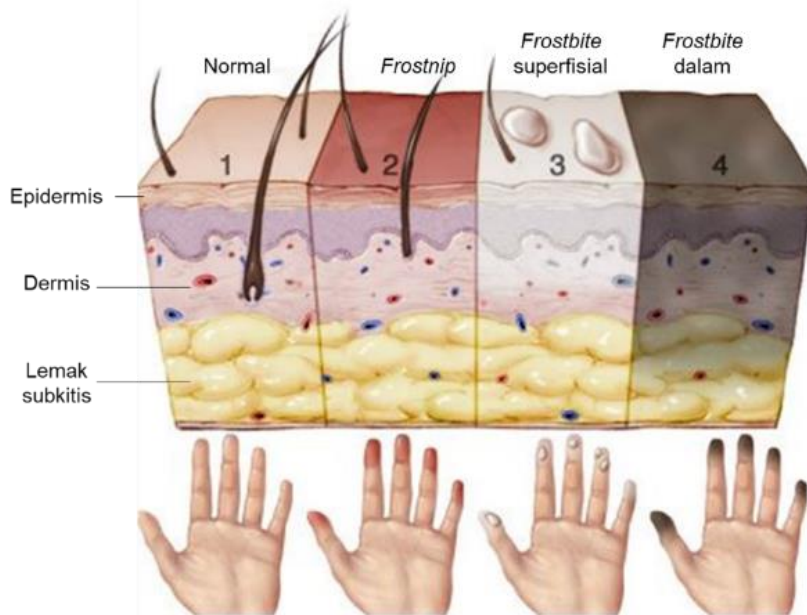
Disamping suhu tinggi, suhu rendah ekstrim (disebut *cold injury* atau *frostbite*) menyebabkan proses denaturasi sebagaimana halnya pada paparan terhadap suhu tinggi. Kejadiannya kerap dijumpai di daerah yang memiliki suhu ekstrim rendah serta para nelayan yang bekerja menangkap

ikan dan menyimpannya di lemari pendingin. Di Indonesia, kejadian ini sangat jarang terjadi (selama 20 tahun kami hanya dijumpai 2–3 kasus).

Hal yang semakin banyak dijumpai di Indonesia yang bersuhu tropik ini adalah luka bakar akibat bunga es (*dry ice*) yang banyak digunakan sebagai pengawet makanan.

Dry ice merupakan zat kimia yaitu gas karbondioksida (CO₂) yang dipadatkan dan didinginkan melalui tekanan tinggi sehingga diperoleh bentuk cair, selanjutnya CO₂ cair ini diupayakan mengembang dengan cara menurunkan tekanannya pada suhu -78,64°C sehingga terbentuk CO₂ salju. Salju CO₂ diberi bentuk menggunakan tekanan hidraulik berupa balok, potongan atau butiran. Kontak yang terjadi antara kulit dengan *dry ice* ini diikuti denaturasi protein yang berlangsung cepat.

Jaringan yang mengalami kontak dengan *dry ice* ini mengalami pembekuan dan denaturasi. Denaturasi bukan hanya terjadi pada kulit, namun juga pada sel–sel darah, pembuluh limfatik dan jaringan lainnya. Awalnya kulit terasa baal, bewarna kemerahan; disebut *frostnip* untuk kemudian disusul nyeri hebat akibat jaringan iskemia (kekurangan oksigen karena aliran darah terhenti). Dalam beberapa waktu, jaringan mengalami kematian (nekrosis); terutama di daerah ujung jari yang terpapar.^{20,34,35}



Gambar 15. *Frostbite* dalam beberapa derajat. Pertama disebut *frostnip*, kedua *frostbite* superfisial dan ketiga *frostbite* dalam.

Frostbite dijumpai dalam beberapa tahap. Awalnya hanya kemerahan, kondisi ini disebut *frostnip*. Tahap selanjutnya adalah *frostbite* superfisial, denaturasi protein hanya sebatas dermis superfisial, setara dengan luka bakar dermis superfisial. Ketiga adalah *frostbite* dalam, melibatkan seluruh ketebalan dermis dan bahkan jaringan lemak subkutan.



Gambar 16. *Frostbite* dijumpai dalam berbagai derajat. Pada permukaan jari ketiga hingga kelima tangan kanan pada tingkat superfisial, sedangkan pada jari kedua hingga kelima tangan kanan tingkat dalam.

Selain menyebabkan kerusakan jaringan, *dry ice* yang mengalami dekomposisi pada suhu tinggi. CO_2 akan menguap karena lebih dibandingkan dengan oksigen maka gas ini mengikat oksigen, menimbulkan asfiksia yang berakhir dengan henti napas. *Center for Disease Control and Prevention* (CDC), Amerika Serikat mengeluarkan peringatan untuk keamanan, bahwa CO_2 padat ini akan meledak dengan adanya aliran elektromagnetik (misalnya pada *oven microwave*) atau rejeatan listrik pemantik rokok atau kompor listrik.³⁶

4. Luka bakar kimia

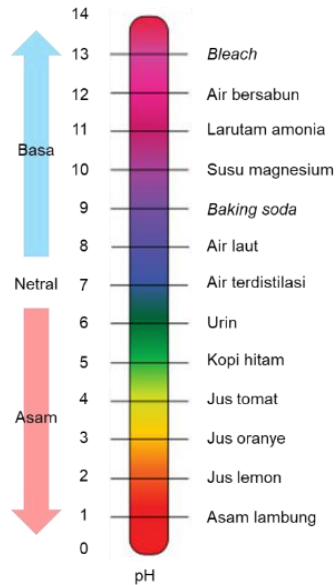
Denaturasi protein akibat perusakan oleh bahan kimia terutama disebabkan oleh kontak dengan zat yang bersifat asam dan basa kuat. Sebagaimana luka bakar termal, luka bakar kimiapun dihadapkan pada masalah jenis zat kimia (dalam hal ini digambarkan dengan tingkat keasaman, atau di dalam ilmu kimia disebut pH. Asam bila pH di bawah 7,0 dan basa bila pH di atas 7,0) dan lama kontak. Semakin asam (pH

rendah) atau sebaliknya semakin basa (pH tinggi) maka denaturasi protein (kerusakan jaringan) semakin cepat dan hebat.

Beberapa zat kimia yang mungkin terpapar diantaranya dijumpai di rumah tangga, industri dan bahkan kepentingan militer. Di lingkungan rumah tangga dijumpai bahan kimia antara lain 1) yang bersifat basa (larutan alkali) misalnya larutan pembersih baik untuk saluran buang, keramik, penghilang cat, 2) golongan fenol seperti deodoran, pembersih, disinfektan, 3) natrium hipoklorit seperti disinfektan, pemutih, deodoran, 4) asam sulfat, seperti pembersih toilet, dan 5) fosfor, seperti pemantik api dengan lidi (*safety matches*), kembang api, insektida, dan pupuk. Di lingkungan industri, zat-zat kimia alkali seperti 1) natrium, kalium, amonium, lithium, barium dan kalsium hidroksida (sabun deterjen, pembersih drain, dan penghilang cat), 2) Asam pikrat, sulfasalilat, tannat, trikloroastat, kresilat, asetat, format, klorida dan florida (kaca dan elektronik).¹⁵ Gambar di bawah ini menunjukkan berbagai zat yang terdapat di lingkungan rumah dalam kehidupan sehari-hari yang memiliki berbagai tingkat keasaman.

Perbedaan karakteristik luka bakar kimia dengan luka bakar termal adalah berlangsungnya reaksi kimiawi yang berkelanjutan meski paparan sudah terhenti. Derajat kerusakan jaringan tergantung pada beberapa hal, antara lain: konsentrasi, daya rusak zat tertentu, lamanya kontak, daya penetrasi zat kimia, dan mekanisme kerja suatu zat kimia.³⁷

Mekanisme kerja zat kimia dibedakan dalam enam cara, yaitu oksidasi, reduksi korosi, merusak protoplasma, vesikan (menyebabkan pembengkakan), dan desikan (menyebabkan kekeringan).³⁷



Gambar 17. Keasaman (pH) dari berbagai bahan yang terpapar pada kehidupan manusia baik di alam maupun di rumah tangga. Air terdistilasi yang kerap diminum sehari-hari (kerap disebut *mineral water*) memiliki pH netral (7,0). Kontak pada zat yang memiliki tingkat keasaman (pH) semakin tinggi (asam kuat, misal pH 2) atau semakin rendah (basa kuat, misal pH 13) menyebabkan denaturasi protein/kerusakan semakin berat.

Berdasarkan zat kimianya, dibedakan empat macam kemungkinan, yaitu: pertama, asam adalah donor proton, paparan pada asam kuat menyebabkan

terlepasnya ikatan hidrogen protein sehingga terjadi penurunan pH diikuti koagulasi (kerusakan pada luka bakar kimia akibat asam ditandai oleh nekrosis koagulasi). Zat yang bersifat basa (alkali) menyebabkan terlepasnya ion hidrogen pada gugus amina protein dari gugus karboksilat, sehingga terjadi nekrosis dengan pencairan (*liquefaction necrosis*) yang menyebabkan pertautan antar jaringan menjadi longgar; hal mana mempermudah zat kimia menginvasi jauh lebih dalam. Proses yang berlangsung merupakan saponifikasi lemak yang menghasilkan energi panas sehingga memperberat kerusakan jaringan. Destruksi lapis lemak menyebabkan penetrasi air lebih mudah ke jaringan eskar sehingga eskar lebih lunak. Pada paparan dengan zat kimia yang bersifat basa (alkali), jumlah cairan sel/jaringan berkurang sangat bermakna menyebabkan kerusakan sel luas, dan zat basa (alkali) melarutkan protein sehingga terjadi likuefaksi. Berdasarkan alasan ini, jelas bahwa kerusakan jaringan pada luka bakar akibat zat yang bersifat basa jauh lebih berat dibandingkan zat kimia yang bersifat asam.³⁷⁻³⁹

Larutan organik akan menyebabkan kerusakan membran sel dan struktur protein, sementara larutan anorganik

menyebabkan kerusakan kulit oleh pengikatan langsung dan pembentukan garam. Hal yang patut diperhatikan adalah bahwa kesemua reaksi kimia akan menghasilkan panas yang menambah kerusakan jaringan bertambah berat.

Beberapa perbedaan yang secara praktis dapat diamati akibat paparan terhadap kedua zat kimia tersebut dijelaskan sebagai berikut.²⁵

Tabel 4. Perbedaan luka bakar kimiawi akibat paparan terhadap zat yang bersifat asam dan basa (alkali)

	Asam	Basa (alkali)
Cedera	Lebih ringan	Berat
Kedalaman	Superfisial (sebagian ketebalan kulit, derajat II)	Dalam (seluruh ketebalan kulit, derajat III)
Edema	Ringan	Nyata
Eskar	Tipis, kering	Tebal, lembut-basah

Efek sistemik akibat paparan pada zat kimia

Efek sistemik dijumpai pada paparan terhadap asam hidroflorat (*hydrofluoric acid*, HF) yang merupakan elemen anorganik fluorin.^{37,40} Zat ini dihasilkan oleh reaksi antara *fluorspar* (*calcium fluoride*) dan asam sulfur; membentuk gas HF. Zat tidak berwarna ini digunakan pada banyak hal, termasuk memoles keramik, batu dan marmer. Kerusakan kulit terjadi melalui dua mekanisme. Pertama, terurainya ikatan ion hidrogen menyebabkan luka bakar superfisial. Dan kedua, melalui penetrasi ke jaringan yang lebih dalam menyebabkan proses nekrosis likuefaksi. Ion *fluoride* yang terdisosiasi dari HF memiliki reaktivitas kuat terhadap garam kalsium dan magnesium menyebabkan ion-ion kedua garam ini ternetralisir. Ion *fluoride* ini berinteraksi di dalam sel menyebabkan kerusakan/kematian sel diikuti penurunan kadar kalsium di dalam darah (hipokalsemia) dan hipomagnesaemia; merupakan racun bagi enzim Na-K ATPase menyebabkan ion kalium dipaksa keluar dari dalam sel.

Tergantung konsentrasi HF, masalah yang dijumpai di klinik akan berbeda. Pada konsentrasi 50%, kontak akan diikuti kerusakan jaringan langsung disertai nyeri hebat. Pada konsentrasi 20–50%, luka bakar baru tampak dalam beberapa jam pascapaparan. Sedangkan kontak dengan konsentrasi <20%, gejala mungkin baru terlihat dalam waktu >24jam kemudian. Efek sistemik yang mungkin dijumpai pada paparan terhadap zat ini adalah gangguan jantung, pernapasan, gejala saluran cerna dan gejala neurologik.³⁷

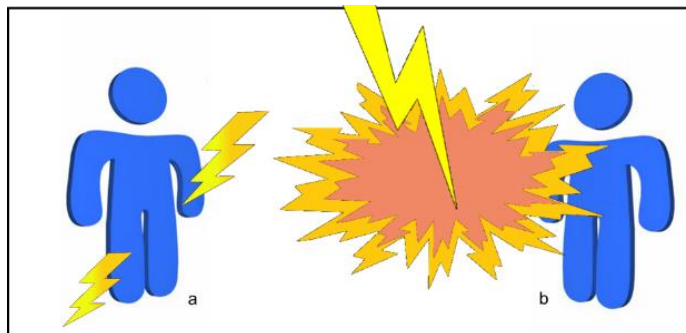
5. Luka bakar listrik

Denaturasi protein akibat perusakan oleh aliran listrik memiliki karakteristik tersendiri. Aliran listrik menyebabkan cedera dalam dua bentuk; masing-masing diuraikan tersendiri.

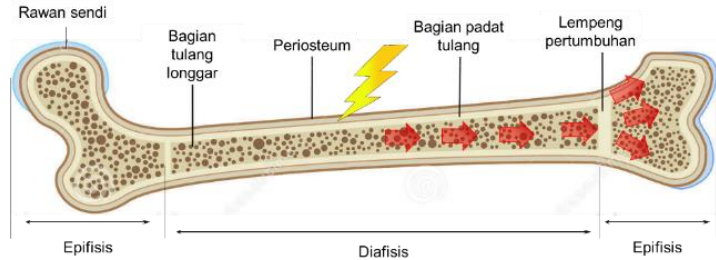
Pertama, listrik mengalir di dalam tubuh melalui media yang memiliki sifat sebagai konduktor baik sekaligus resistensi paling rendah, yaitu cairan dalam hal ini plasma di dalam pembuluh darah atau cairan lainnya (pembuluh limfe, dsb).⁴¹⁻
⁴⁴ Arus masuk menyebabkan denaturasi protein dengan berbagai derajat kerusakan tergantung besar arus dan titik kontak (luka ini disebut 'luka masuk'). Denaturasi protein akibat arus listrik berlangsung disertai pemebntukan panas yang dialirkan di sepanjang jalannya arus (dalam hal ini pembuluh darah) dan berkumpul di bagian tubuh yang memiliki massa. Sebagian energi diserap di permukaan kulit menyebabkan kerusakan berupa luka bakar terutama di daerah yang memiliki kalus (lapis keratin tebal, misalnya telapak tangan atau kaki). Kadang luka tidak sedalam yang diperkirakan bila dilalui aurs tanpa pengurangan dan diteruskan ke jaringan dibawahnya (misal, paa keadaan basah). Keringat dalam hal ini efektif menurunkan resistensi

kulit sebesar 2500–3000 Ohm; air menurunkan sekitar 1200–1500 Ohm dan memungkinkan lebih banyak energi mengalir ke jaringan dibawahnya/tubuh bagian lainnya sehingga menimbulkan *electrical shock* (*electrocution*) disertai gangguan konduksi jantung (misal, henti jantung); tanpa luka bakar di permukaan yang berarti.^{45,46}

Tulang yang memiliki konduksi buruk memiliki resistensi besar tidak mengalirkan/meneruskan arus listrik namun menyimpan energinya yang selanjutnya diubah menjadi energi panas. Karenanya, kerusakan jaringan umumnya dijumpai di daerah dengan massa tulang besar, terutama di daerah persendian. Arus listrik keluar di daerah kontak tubuh dengan *ground* (bumi); tergantung ada atau tidaknya isolasi (dalam hal ini alas kaki), atau kaki dalam keadaan basah (luka ini disebut 'luka keluar').⁴⁶



Gambar 18. Dua jenis cedera akibat listrik. a. Arus listrik mengalir pada tubuh melalui luka masuk (tempat kontak) dan keluar di *ground*. b. Arus listrik tidak mengalir di tubuh namun menimbulkan cedera termal.



Gambar 19. Tulang merupakan konduktor yang buruk dengan resistensi tinggi. Energi yang dialirkan tertahan di daerah epifisis yang memiliki massa tulang besar.

Kedua, listrik tidak mengalir di jaringan, namun meletup; menimbulkan cedera termal dan penderita terhempas dalam jarak tertentu (*blast injury*). Letupan terjadi karena locatan listrik (*arc*) antara dua kutub (anoda dan katoda) melalui suatu media (gas, udara) yang trionisasi; umumnya arus listrik bertekanan tinggi.⁴⁷ Loncatan listrik antara dua kutub dapat terjadi dalam berbagai bentuk, langsung atau tidak langsung, percikan kecil (*spark*) atau besar (*arc*), bercabang (*flash*) atau *step voltage* sebagaimana petir. Selain udara panas, letupan ini juga menimbulkan efek hampasan sehingga cedera yang dialami seseorang bukan hanya karena efek termal namun benturan pada organ dalaman (tekanan bola mata, tekanan pada gendang telinga, paru, isi abdomen, dsb); atau benturan dengan benda lain setelah terhempas.^{43,48}

Bagaimanapun, di era modern ini kasus luka bakar listrik pada anak semakin meningkat.^{48,49} Norma budaya dan tingkat kehidupan di abad modern memungkinkan hal ini terjadi. Anak yang bukan miniatur dewasa memiliki kerentanan tinggi pada kerusakan akibat luka bakar, terutama akibat listrik dengan angka kematian tinggi, memerlukan pendalaman keilmuan antara luka bakar, luka bakar listrik yang khusus dipelajari di bidang pediatrik.^{48,50,51}



Gambar 20. Dunia kehidupan anak masa kini dipenuhi segala sesuatu berbasis listrik, sumber listrik di rumah tangga, barang elektronik terutama *gadget* berpotensi besar terpapar pada cedera listrik.

6. Tata laksana

Secara prinsip, pencegahan adalah yang terbaik, baik pencegahan sebelum terjadi maupun mencegah perburukan luka (perluasan, pendalaman) dan timbulnya penyulit. Dalam konteks pencegahan sebelum terjadi, di beberapa negara maju digalakkan kampanye pencegahan dan penyampaian petunjuk sederhana bila terjadi kecelakaan baik di rumah maupun di tempat kerja, sekolah, dsb. baik melalui buku praktis, lembaran, maupun media massa.

Petunjuk sederhana sebagaimana dimaksud kerap diperlukan manakala kecelakaan terjadi, saat orang di sekitar terkadang panik dan tidak tahu apa yang harus dilakukan. Pada banyak kesempatan kerap berkembang pemikiran-pemikiran yang terfokus pada sesuatu jauh ke depan sementara hal yang dihadapi saat ini terlupakan/terabaikan; kerap tidak logis dan rasional.



Gambar 21. Beberapa buku dan brosur kampanye pencegahan luka bakar di beberapa negara.

Berikut diuraikan tata laksana rasional (baca: didasari latar belakang ilmiah, penelitian-penelitian). Disebut demikian karena hingga kini demikian banyak dijumpai mitos yang bukan saja beredar di masyarakat dikaitkan dengan adat istiadat budaya, namun juga di kalangan medis (mitos medis, *medical myths*) yang ternyata juga dijumpai di negara maju.

6.1. Luka bakar termal

Pencegahan



Secara praktis, untuk mencegah luka bakar superfisial (sunburn, derajat satu), sebelum terpapar pada matahari terutama saat bermain di pantai, lindungi kulit dengan krim pelembab cukup tebal. Krim dimaksud akan baik bila (namun tidak mutlak) yang bersifat *sunprotector*.



Untuk luka bakar akibat api di rumah tangga. Beberapa pedoman umum menjadi pegangan, antara lain berhubungan dengan tingginya angka kejadian luka bakar akibat kompor meledak: 1) letakkan tabung gas di ruang terbuka; hindari

meletakkannya di dapur/ruang tertutup; hal ini sangat membantu menghindari dampak ledakan bila terjadi kecelakaan. 2) Upayakan dapur berventilasi (sirkulasi udara di dapur memungkinkan uap panas maupun asap terbang ke udara bebas di luar ruangan); hal ini sangat membantu menghindari cedera inhalasi bila terjadi kecelakaan. 3) Selalu nyalakan api terlebih dahulu sebelum membuka tuas gas; jangan pernah menyalakan gas (apalagi membiarkan tuas terbuka) sebelum menyalakan api. 4) Upayakan kompor selalu dalam keadaan bersih, terutama pada tungku (*burner*), ditandai oleh api yang bewarna biru (api bewarna merah menandakan tungku kotor oleh karbon atau sisa minyak yang tertinggal di sana). 5) Selalu tutup tuas selesai masak, dan yakinkan tuas dalam keadaan tertutup saat meninggalkan rumah. 6) Periksa selang dan regulator gas termasuk karet pengaman mult gas secara berkala.



Gambar 22. Api pada tungku (*burner*) bewarna biru menandakan tungku dalam keadaan bersih.

7) Jangan biarkan anak-anak berada di tempat dimana mereka mungkin terpapar pada benda panas seperti dapur, ruang seterika, atau kamar mandi dengan pemanas.



Gambar 23. Dapur, meja seterika atau kamar mandi dengan pemanas bukan tempat yang baik untuk anak-anak terlebih tanpa pengawasan.

8) Khusus untuk merka yang terbiasa mandi menggunakan air panas (terutama memandikan bayi/anak-anak) tanpa pemanas, tambahkan air panas ke dalam wadah hanya setelah diisi air dingin terlebih dahulu. Jangan mengisi air panas dan membiarkannya tanpa dicampur air dingin. Siapapun mungkin saja menjamahnya dan tercederai.

Hal lainnya termasuk menjauhkan bahan-bahan mudah terbakar dekat api (misal, alkohol) maupun gelombang elektromagnetik (misal, *microwave*).

Pencegahan di luar rumah, termasuk menghindari penggunaan telpon genggam atau merokok saat mengisi bahan bakar.

Pertolongan pertama

Pada pertolongan pertama, syarat yang harus dipenuhi oleh penolong adalah penolong (*first responder*) memiliki kemampuan menolong, tenang-tidak panik, dan tahu cara menolong korban secara aman (artinya, tindakan menolong tidak membahayakan jiwa yang ditolong dan penolong).^{23,52}

Pada prinsipnya, pertolongan pertama yang perlu dilakukan adalah menghentikan paparan terhadap sumber dan menghentikan proses pembakaran. Jauhkan korban dari sumber dan tempatkan di daerah aman. Berikutnya, proses pembakaran dihentikan dengan cara menurunkan suhu (*cooling down*) bila luka bakar berupa cedera termal; netralisasi bila penyebabnya adalah zat kimia.^{5,8}

Pada luka bakar ringan akibat sengatan matahari (*sunburn*, epidermis, derajat satu) dan superfisial dermis, energi panas menyebabkan denaturasi-koagulasi daerah kontak (dalam hal ini lapis epidermis) diturunkan dengan cara mengalirkan air dengan suhu ruangan (15–20°C) selama minimal 20 menit. Tindakan ini memberi efek bila dikerjakan dalam kurun waktu

maksimal tiga jam pascatrauma. Selain air mengalir, air di tempat penyimpanan (bak mandi, waskom atau wadah lainnya) dapat dimanfaatkan untuk menurunkan suhu, yaitu dengan cara merendam anggota tubuh terkena.



Gambar 24. Suhu pada luka diturunkan secara efektif dengan mengalirkan air (15–20°C) atau merendamnya selama 20 menit.

Air merupakan pilihan utama karena beberapa alasan: 1) merupakan sarana efektif menurunkan suhu 2) pengaliran air akan membersihkan luka dari sisa-sisa pembakaran atau benda asing yang sekaligus mencegah luka terinfeksi, 3) air bersuhu 15–20°C ini juga efektif mengurangi nyeri, 4) Pascapaparan terhadap sumber, timbul respon inflamasi akut (kemerahan, pembengkakan, nyeri) yang menggambarkan analogi ‘amarah’ jaringan sekaligus keterpurukan jaringan (*‘down’, compromise*). Air akan meredam amarah bahkan memberikan kesejukan secara fisiologik; dengan kata lain mengupayakan suasana kondusif bagi atmosfir luka, 5) air memberikan kelembaban alami,⁵³ 6) air hampir selalu tersedia dan mudah didapat di rumah maupun di tempat kerja. Air yang digunakan adalah air dari sumber (air kran, air sumur, air dari perusahaan air minum/*lédeng*); tidak perlu air steril, namun jumlahnya cukup.

Sedangkan secara ilmiah, dijelaskan bahwa air merupakan sumber ion hidrogen. Sebagaimana diuraikan sebelumnya, bahwa proses denaturasi adalah terurainya ikatan struktur

protein (sekunder, tersier dan kuartener) yang komponen utamanya adalah ikatan hidrogen. Penyediaan ion hidrogen akan mencegah kerusakan berlanjut dan memperbaiki ikatan yang terurai.^{5,8}



Gambar 25. Pencucian dilakukan menggunakan sabun bayi menghilangkan minyak dan kotoran lain yang membebani dan sangat membantu proses penyembuhan kulit/jaringan.

Hal yang perlu dihindari adalah tindakan yang justru membebani jaringan; menambah keterpurukan. Beberapa hal maupun tindakan yang menambah beban jaringan antara lain memberi suasana yang tidak kondusif bagi atmosfir luka. Aplikasi bahan-bahan berbasis minyak/lemak (misal, salep medik termasuk salep antibiotik yang tidak diperlukan pada kesempatan awal, minyak tradisional, margarin/mentega, minyak kelapa) akan membebani kulit/jaringan karena tidak sesuai dengan alamnya (kulit/jaringan tubuh manusia 70% terdiri dari dan berteman dengan cairan; sementara air dan minyak tidak pernah dapat bersatu). Demikian pula halnya dengan aplikasi bahan padat (tepung, bubuk kopi, pasta gigi, dsb) akan membebani kulit/jaringan meskipun efektif membantu menurunkan suhu. Aplikasi zat/larutan antiseptik tidak direkomendasikan pada pertolongan pertama. Larutan-larutan antiseptik umumnya mengandung zat kimia yang bereaksi dengan protein kulit/jaringan di saat yang tidak tepat (kulit mengalami cedera, *compromise*) malah akan menyebabkan kerusakan bertambah berat hingga kematian jaringan bersangkutan. Isu utama pada saat ini adalah keterpurukan kulit/jaringan yang perlu diselamatkan dan

menjadi prioritas tata laksana, bukan infeksi yang belum tentu terjadi (infeksi terjadi pada hari keempat/kelima pascatrauma). Demikian pula halnya dengan produk-produk komersial yang demikian menjanjikan; yang tidak tepat/jelas indikasi maupun rasionalisasinya.

Hal lain yang juga membebani kulit/jaringan adalah aplikasi es atau kompres atau mengalirkan air es yang hanya memperberat penguncupan pembuluh darah di zona stasis (zona kedua, lihat halaman 6)¹² dan akan menyebabkan konversi (perburukan) luka.²⁶ Manifestasi perburukan luka adalah peningkatan derajat luka bakar; awalnya derajat satu menjadi derajat dua pada hari-hari berikutnya, derajat dua/superfisial dermis menjadi dermis dalam, luka bakar dermis dalam menjadi menjadi derajat tiga, demikian seterusnya. Sementara, cara tradisional dengan membubuhkan daun-daunan baik dalam bentuk utuh maupun dihancurkan yang dianjurkan para orang tua belum dapat dibuktikan secara ilmiah khasiatnya; meski pada kenyataannya kerap dilaporkan secara klinis memberikan hasil baik; misalnya pemanfaatan daun pisang sebagai pembalut luka bakar.⁵⁴⁻⁵⁶ Secara ilmiah, zat yang dikandungnya terdiri dari beberapa komposisi zat kimia yang tidak diketahui pasti cara kerjanya; kadang berlawanan dengan teori penyembuhan luka (misalnya, kandungan metanol dan steroid di dalam daun jarak yang efeknya bertentangan dan diketahui memiliki efek menghambat proses penyembuhan luka).

Bagaimanapun, belum ada penelitian yang menjelaskan khasiat zat-zat yang dikandungnya secara ilmiah; karenanya tidak direkomendasikan.

Tindakan selanjutnya adalah mengupayakan kelembaban kulit/jaringan sepanjang waktu (24 jam) terutama dalam 48 jam pertama pascatrauma.⁵³ Kompres dapat dilakukan memanfaatkan kasa lembab atau handuk kecil (dibasahi lalu

diperas kuat, bila air menguap dan kasa/handuk mengering kembali dibasahi) yang diletakkan di atas luka. Sebagai alternatif, kompres kasa lembab digantikan dengan aplikasi krim pelembab cukup tebal. Krim (berbasis air) medik (misalnya biocream) maupun non-medik (misalnya krim bayi, pelembab komersial) sangat bermanfaat. Untuk luka bakar ringan akibat sengatan matahari (*sunburn*, epidermis, derajat satu) perawatan terbuka dengan aplikasi krim tiap 4–6 jam sudah memadai untuk menciptakan suasana kondusif bagi atmosfer luka dalam proses penyembuhan spontan (umumnya berlangsung 4–5 hari).

Pada luka bakar superfisial dermis, setelah pencucian luka ditutup dengan kasa tebal agak menekan. Penekanan dimaksudkan untuk mencegah terbentuknya lepuh (yang merupakan karakteristik luka bakar superfisial, derajat dua superfisial). Perawatan luka tertutup (dengan kasa tebal agak menekan) ini, efektif mengurangi nyeri akibat rangsangan oleh suhu maupun sentuhan serta mencegah terjadi gesekan yang akan memperberat kondisi luka.



Gambar 26. Perawatan luka tertutup akan memberikan lingkungan luka yang kondusif, melindungi luka dari paparan dan

Mitos menganjurkan untuk tidak memaparkan luka pada air dengan berbagai penjelasan yang tidak logis; misalnya ditakutkan infeksi, lepuh terjadi akibat luka dibasahi/disiram. Lepuh sebagaimana dijelaskan sebelumnya terjadi karena penguraian (denaturasi) protein yang mempertautkan epidermis dengan dermis dalam waktu 1–2 jam pascatrauma akan terjadi tanpa luka dicuci sekalipun. Penting ditekankan

di sini, air akan mengurangi daya rusak termal berkelanjutan; sementara yang sudah terjadi dihentikan pada kondisi tersebut.



Gambar 27. Aspirasi cairan yang terperangkap di dalam lepuh.

Apabila lepuh sudah terbentuk, cairan plasma yang terperangkap di dalam ruang lepuh harus dikeluarkan, baik dengan cara melakukan aspirasi, mengeluarkannya dekan melakukan penekanan (*draining*) atau membuat sayatan dan mengalirkan cairan plasma keluar.⁵⁷ Cairan plasma yang terperangkap merupakan plasma yang mengalami denaturasi. Dalam 1–2 hari mengalami penggumpalan dan memiliki efek negatif terhadap luka. Plasma yang diibiarkan berkumpul di dalam ruang yang terbentuk menghalangi perlekatan kulit (epidermis yang terlepas dan membentuk atap lepuh) untuk melekat kembali, plasma tersebut juga menyebabkan supresi (penekanan) sel–sel limfosit yang berperan pada mekanisme pertahanan (barier) dalam pencegahan infeksi secara alami oleh tubuh (*innate defense system*) sehingga luka dihadapkan pada masalah rentan terinfeksi. Respon inflamasi berkepanjangan dari kulit/jaringan di sekitar daerah tersebut (inflamasi bertujuan ‘membuang’ benda asing termasuk infeksi atau jaringan non–vital termasuk plasma denaturasi)⁶ mengonsumsi energi lebih banyak dan tentunya membutuhkan waktu lebih panjang untuk penyembuhan;⁵⁸ hal ini mengundang parut (skar, *scar*) yang tidak baik dikemudian hari.⁵⁹

Kulit penutup lepuh (non-vital) direkomendasikan untuk tidak dibuang (*deroofting*) namun dipertahankan dan dimanfaatkan sebagai penutup luka; meski beberapa pakar menganjurkannya untuk membuangnya.⁵⁹ Meski epidermis terlepas, ia berperan sebagai penutup luka alami (pembalut biologik, *biological dressing*) terbaik (sebaik-baik penutup luka adalah kulit). Kulit ini ditekan menggunakan kasa lembab yang cukup tebal dalam beberapa hari. Dengan penekanan, proses eksudasi (rembesan plasma yang mengundang pembentukan lepuh kembali) dapat dicegah. Sebaliknya, tanpa penekanan yang cukup akumulasi plasma akan terjadi kembali. Pada beberapa kesempatan kulit ini akan melekat kembali (sebagai tandur kulit, *skin graft*) atau hanya sebagai penutup yang mengalami lisis (terurai) dan terlepas dalam beberapa hari; sementara kulit ini sudah berperan melindungi luka dari paparan terhadap dunia luar yang efektif mencegah terinfeksi sekaligus mengurangi nyeri. Terlepasnya tandur kulit ini juga disebabkan karena regenerasi epitel (sel-sel kulit) pada luka sudah berlangsung.

Luka dirawat secara tertutup menggunakan *tulle*^v (*gras*)^{60,61} berbasis krim, ^{62,63} di atasnya aplikasi krim cukup tebal yang akan memberikan rasa nyaman (*comfort*, 'dingin') di luka. Krim yang diaplikasi cukup berupa krim pelembab (misal, krim bayi) dan kasa adsorben tebal (untuk menyerap secara efektif sekaligus memberi tekanan) dan ditutup menggunakan perban elastik.

Perawatan lanjutan

Pada perawatan lanjut untuk kasus-kasus luka bakar minor, superfisial dan tidak memerlukan perawatan di rumah sakit,

^v *Tulle* adalah pembalut luka yang dikenalkan pertama kali di Perancis terdiri dari jala - berukuran tertentu (biasanya 10x10cm) dibubuhkan paraffin lembut (1 bagian), balsam Peru (1 bagian) dan minyak olive (1 bagian). Maksud dan tujuannya adalah memfasilitasi eksudat keluar dan diserap oleh kasa adsorben yang diletakkan di atas *tulle* tanpa melekat langsung ke permukaan luka.⁷²

balutan dibuka satu hingga dua kali sehari (sesuai jadwal lazim orang Indonesia membersihkan badan), dimandikan menggunakan sabun mandi bayi yang lembut,^{vi} untuk kemudian luka ditutup kembali. Perawatan tertutup ini diteruskan hingga diperoleh penyembuhan spontan (kurang lebih 14 hari).

Luka bakar luas dan dalam

Pada luka bakar luas dan dalam (lihat kriteria luka bakar kritis pada halaman 13), hal pertama yang perlu diyakini adalah keselamatan jiwa korban. Korban umumnya masih sadar beberapa saat setelah kejadian. Setelah diyakini berada di tempat aman (jauh dari sumber), pada korban dewasa ajak korban berbicara (hal ini bertujuan menilai derajat kesadaran). Biarkan korban menghirup udara segar (mengandung oksigen) dan beri minum sebanyak mungkin (1–2 gelas) sedangkan pada anak, upayakan memberi minum semampunya.



Perlu disadari bahwa mengikuti cedera termal, cairan plasma di dalam pembuluh darah akan keluar ke jaringan menimbulkan manifestasi syok (gangguan sirkulasi dan perfusi akibat sel tidak mendapatkan oksigen yang cukup).^{25,35,52} Karenanya, pada kesempatan awal, pemberian cairan melalui jalur oral (dalam hal ini minum) adalah yang terbaik.^{25,35,52} Namun disadari bahwa air yang masuk melalui jalur oral ini terbatas (seorang dewasa hanya dapat meneguk air maksimal 250–300 mL dalam satu jam, bila pada suatu luka bakar cairan yang keluar hingga menimbulkan syok minimal satu liter, maka kebutuhan cairan ini tidak pernah akan

^{vi} Sabun bayi (tidak mengandung zat kimia) diperlukan untuk kulit bayi yang lembut. Luka dianalogikan sebagai kulit bayi yang perlu diperlakukan selembut mungkin. Karenanya, untuk mencuci luka dianjurkan menggunakan sabun mandi bayi batang. Hindari sabun cair karena partikel mikro sabun cair akan masuk ke jaringan luka menimbulkan iritasi sebagai benda asing.

terpenuhi dalam waktu singkat. Hal lain yang patut diperhatikan adalah tingkat kesadaran korban. Korban tidak sadar tidak boleh diberikan minum karena bahaya tersedak (aspirasi). Karenanya pada luka bakar luas diperlukan cairan. Cairan dimaksud diberikan melalui jalur intravena secara cepat; istilah medik untuk ini adalah resusitasi.^{52,64-70}

Pada kasus-kasus ini luka bukan prioritas tata laksana.^{25,35,52} Tanggalkan pakaian terutama yang terbakar atau basah tersiram saat kecelakaan terjadi, tutup menggunakan selimut halus, cukup tebal terutama pada anak-anak. Jauhkan pemikiran mengenai kejadian infeksi, merawat luka atau memikirkan bekas luka; sementara prioritas utama adalah keselamatan jiwa korban. Segerakan bawa korban ke rumah sakit terdekat yang memiliki fasilitas layanan bedah (rumah sakit tipe A, B, dan C) untuk mendapatkan tata laksana terbaik.^{25,35,52} Keterlambatan dan fokus tata laksana yang tidak semestinya hanya akan berakhir dengan bencana dalam beberapa hari, karena dalam dua jam telah berlangsung respon tubuh yang terkompensasi dan masih dapat diselamatkan,⁸ namun bila waktu tersebut dilampaui maka mekanisme kompensasi akan mengalami kegagalan dan berakhir fatal.⁷¹

Luka bakar suhu rendah (*frostbite*)

Pencegahan yang direkomendasikan adalah penggunaan sarung tangan atau alas kaki yang tebal dan tahan pada suhu ekstrim rendah; dengan bahan yang menahan panas. Bila sudah terjadi pada prinsipnya tidak berbeda dengan luka bakar termal, namun suhu tidak diturunkan melainkan ditingkatkan secara bertahap; tidak secara ekstrim dan tiba-tiba. Tidak ada batasan waktu berapa lama harus dihangatkan, namun kembali menerapkan prinsip bahwa tindakan penyelamatan efektif bila dikerjakan dalam waktu 3 jam pertama pascapaparan. Menjaga kelembaban sebagaimana

luka bakar termal atau aplikasi krim pelembab merupakan tindakan yang memberikan suasana luka yang optimal dan memberikan kenyamanan bagi penderitanya.

Luka bakar *frostbite* membutuhkan pertolongan dan perawatan di rumah sakit oleh dokter yang memiliki keahlian menangani kasus ini.

Luka bakar kimia



Sebagai prevensi umum, letakkan bahan-bahan kimia berbahaya terlebih yang diberi peringatan 'hindarkan dari jangkauan anak-anak'. Bila sudah terjadi, maka dalam tata laksana adalah menghentikan proses denaturasi dengan cara netralisasi zat kimia menggunakan air; apapun zat kimia yang menjadi sebab cedera (asam kuat maupun basa kuat). Onsentrasi zat kimia diencerkan (dilusi) dengan air sebanyak mungkin. Tidak ada batasan waktu berapa lama membilas dan berapa banyak air yang dibutuhkan untuk membilas.

Luka bakar kimia membutuhkan pertolongan dan perawatan di rumah sakit oleh dokter yang memiliki keahlian menangani kasus ini.

Luka bakar listrik

Sebagai pencegahan, upaya pengamanan sumber listrik direncanakan sejak awal. Di jaman dahulu, sumber arus listrik selalu diletakkan berjarak 1-1,5 m dari permukaan lantai, aman dari jangkauan



anak. Saat ini, sumber arus ditempatkan berjarak 30 cm dari lantai, karenanya mengupayakan penutup/pengaman adalah yang terbaik. Biasakan menggunakan alas kaki bila dihadapkan pada kemungkinan harus berhubungan dengan

listrik; meski hanya sekedar menghubungkan/memutus aliran listrik apapun. Jangan pernah memegang alat yang memanfaatkan listrik saat anggota tubuh dalam keadaan basah atau ada air di tempat berpijak.

Hindari menggabung beban pada satu titik karena arus besar (amper) sangat berbahaya dan berpotensi menimbulkan kebakaran. Hindari melepaskan sumber arus dengan menarik kabel listrik; namun pegang terminalnya. Bila terjadi kecelakaan, pertolongan pertama yang harus dilakukan adalah memutus hubungan arus listrik dengan sumber. Hal ini dilakukan tanpa menyentuh korban karena orang yang menolong akan ikut tersengat arus listrik. Bila tidak mungkin melepas kabel pada sumber (stop kontak) maka tindakan aman adalah memutus sikring (*main circuit breaker, MCB*).

Korban diamankan dengan meletakkan pada posisi berbaring, dengan muka menghadap ke atas yang maksudnya tidak lain mengupayakan jalan napas dalam keadaan lurus. Raba detak jantung dan pastikan korban sadar (dengan cara mengajaknya bicara). Pada korban sadar, hangatkan kedua tungkai dengan selimut.

Perhatikan luka masuk (biasanya di tangan) dan luka keluar (biasanya di kaki). Perhatikan pula luka masuk ada di sisi kiri (tangan kiri), karena arus meliwati jantung untuk mencapai *ground*. **Atas dasar ini tidak direkomendasikan memegang sumber arus atau melepaskan kabel listrik menggunakan tangan kiri.**



Gambar 28. Sangat berbahaya memegang kabel atau sumber listrik menggunakan tangan kiri karena arus listrik pada perjalanan menuju *ground* meliwati jantung.

Korban arus listrik tegangan tinggi (di atas 220 V) harus ditangani di rumah sakit untuk evaluasi kerusakan

pembuluh darah yang dilalui arus listrik karena kerusakan/kematian jaringan terjadi progresif dalam beberapa hari pascatrauma. Kerusakan otot pernapasan, jantung otot-otot besar dan ginjal akibat sengatan listrik bersifat fatal sehingga perlu dinilai dan ditatalaksana secara cermat di rumah sakit.

Adendum

Kriteria rawat di rumah sakit

Kriteria indikasi perawatan di unit perawatan luka bakar dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

- Luas luka bakar dengan ketebalan sebagian dermis >20% pada semua kelompok usia
- Luas luka bakar dengan ketebalan sebagian dermis >10% pada kelompok usia <10 tahun dan >50 tahun
- Luka bakar mengenai muka, leher, tangan, persendian utama, genitalia dan perineum
- Luka bakar seluruh ketebalan kulit pada semua kelompok usia
- Luka bakar listrik dan petir
- Luka bakar kimia
- Cedera inhalasi (luka bakar mengenai saluran napas)
- Luka bakar pada penderita dengan penyakit serius

Daftar Pustaka

1. World Health Organization (WHO). WHO | Burns. WHO. http://www.who.int/violence_injury_prevention/other_injury/burns/en/. Published 2017. Accessed August 19, 2017.
2. Neucere JN, Cherry JP, Regional S, Orleans N. Structural Changes and Metabolism of Proteins Following Heat Denaturation. 1982.

3. Despa F, Orgill DP, Neuwalder J, Lee RC. The relative thermal stability of tissue macromolecules and cellular structure in burn injury. *Burns*. 2005;31(5):568-577. doi:10.1016/j.burns.2005.01.015.
4. YashRoy R c. Protein heat denaturation and study of membrane lipid-protein interactions by spin label ESR. *J Biochem Biophys Methods*. 1991;22(1):55-59. doi:10.1016/0165-022X(91)90081-7.
5. Pierce MC, Sheridan RL, Hyle Park B, Cense B, De Boer JF. Collagen denaturation can be quantified in burned human skin using polarization-sensitive optical coherence tomography. *Burns*. 2004;30(6):511-517. doi:10.1016/j.burns.2004.02.004.
6. Vazquez R, Larson DF. Plasma protein denaturation with graded heat exposure. *Perfusion*. 2013;28(6):557-559. doi:10.1177/0267659113498921.
7. Andrews CJ, Cuttle L, Simpson MJ. Quantifying the role of burn temperature, burn duration and skin thickness in an in vivo animal skin model of heat conduction. *Int J Heat Mass Transf*. 2016;101:542-549. doi:10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.05.070.
8. Kadunc R, Mann G, Mclaughlin S. From Burn Samples In Which Burn Temperatures And Conditions Were Varied1. *Int J Forensic Sci*. 2009;4(2):1-11.
9. Greenhalgh DG, Lawless MB, Chew BB, Crone WA, Fein ME, Palmieri TL. Temperature threshold for burn injury: an oximeter safety study. *J Burn Care Rehabil*. 2004;25(5):411-415. doi:10.1097/01.BCR.0000138295.63830.90.
10. Burn Care Foundation. Safety Hot Water Exposure. <http://www.burncarefoundation.org/safety/hot-water-exposure.html>. Accessed August 15, 2017.
11. Dargent D, Schettini S. Physical Bases of Electrosurgery. *Physician Practice*. <http://www.physicianspractice.com/laparoscopy/physical-bases-electrosurgery>. Published 2011. Accessed August 15, 2017.
12. Jackson DMG. The diagnosis of the depth of burning. *Br J Surg*. 1953;40(164):588-596. doi:10.1002/bjs.18004016413.
13. Leach E, Peters RA, Rossiter R. Experimental Thermal Burns, Especially the Moderate Temperature Burn. *J Exp Physiol*. 1943;XXXII:67-86.
14. Miller A, Section PS, Service S, Veterans W. The second-degree. 1967:207-211.

15. The Australian and New Zealand Burn Association. Emergency Management of Severe Burns: Course Manual. 17th ed. Queensland: ANZBA; 2013. www.anzba.org.au.
16. Moiemmen N, Lee K, Joory K. History of burns: The past, present and the future. *Burn Trauma*. 2014;2(4):169. doi:10.4103/2321-3868.143620.
17. Jeschke MG, Mlcak RP, Finnerty CC, et al. Burn size determines the inflammatory and hypermetabolic response. *Crit Care*. 2007;11(4):R90. doi:10.1186/cc6102.
18. Agarwal P, Sahu S. Determination of hand and palm area as a ratio of body surface area in Indian population. *Indian J Plast Surg*. 2010;43(1):49-53. doi:10.4103/0970-0358.63962.
19. Miminis DA. A critical evaluation of the Lund and Browder chart. *Wounds UK*. 2007;3(3):58-68.
20. Manual P, American Burn Association, Manual P. American Burn Association Advanced Burn Life Support Course. 2011;60606(312):153.
21. Saffle J. Practice guidelines for burns care. *J Burn Care Rehabil*. 2001;(13):69. doi:10.1097/01.BCR.0000226084.26680.56.
22. Borhani-Khomani K, Partoft S, Holmgaard R. Assessment of burn size in obese adults; a literature review. *J Plast Surg Hand Surg*. 2017;0(0):1-9. doi:10.1080/2000656X.2017.1310732.
23. Durrant CAT, Simpson AR, Williams G. Thermal injury - The first 24 h. *Curr Anaesth Crit Care*. 2008;19(5-6):256-263. doi:10.1016/j.cacc.2008.09.014.
24. Rae L, Fidler P, Gibran N. The Physiologic Basis of Burn Shock and the Need for Aggressive Fluid Resuscitation. *Crit Care Clin*. 2016;32(4):491-505. doi:10.1016/j.ccc.2016.06.001.
25. Vivó C, Galeiras R, Del Caz MDP. Initial evaluation and management of the critical burn patient. *Med intensiva / Soc Española Med Intensiva y Unidades Coronarias*. 2016;40(1):49-59. doi:10.1016/j.medin.2015.11.010.
26. Singh V, Devgan L, Bhat S, Milner SM. The pathogenesis of burn wound conversion. *Ann Plast Surg*. 2007;59(1):109-115. doi:10.1097/01.sap.0000252065.90759.e6.
27. Tricklebank S. Modern trends in fluid therapy for burns. *Burns*. 2009;35(6):757-767. doi:10.1016/j.burns.2008.09.007.
28. Demling RH. Pulmonary Problems in the Burn Patient (A Leading cause of Morbidity and Mortality in the Burn Patient). *Injury*. 2004:6-8.

29. Demling RH. The burn edema process: current concepts. *J Burn Care Rehabil.* 2005;26(3):207-227. doi:10.1097/01.BCR.0000162151.71482.B3.
30. Allgower M, Stadler K, Schoenenberger GA. Burn sepsis and burn toxin. *Ann R Coll Surg Engl.* 1974;55(5):226-235.
31. Allgöwer M, Schoenenberger GA, Sparkes BG. Pernicious effectors in burns. *Burns.* 2008;34(SUPPL.):1-55. doi:10.1016/j.burns.2008.05.012.
32. Rowan MP, Cancio LC, Elster EA, et al. Burn wound healing and treatment: review and advancements. *Crit Care.* 2015;19(1):243. doi:10.1186/s13054-015-0961-2.
33. Spies M, Herndon DN, Rosenblatt JI, Sanford AP, Wolf SE. Prediction of mortality from catastrophic burns in children. *Lancet.* 2003;361(9362):989-994. doi:10.1016/S0140-6736(03)12824-3.
34. Privalov PL. Cold denaturation of proteins. *Crit Rev Biochem Mol Biol.* 1990;25(4):281-305. doi:10.3109/10409239009090613.
35. Stander M, Wallis LA. The Emergency Management and Treatment of Severe Burns. *Emerg Med Int.* 2011;2011(i):1-5. doi:10.1155/2011/161375.
36. CDC. CO2 Hazard and Prevention. The National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). <https://www.cdc.gov/niosh/index.htm>. Published 2006.
37. Palao R, Monge I, Ruiz M, Barret JP. Chemical burns: Pathophysiology and treatment. *Burns.* 2010;36(3):295-304. doi:10.1016/j.burns.2009.07.009.
38. Stewart CE. Chemical skin burns. *Am Fam Physician.* 1985;31(6):149-157.
39. Standard I, Number B, Fighters F, Fighters F. First Responder Guide to Burn Injury Assessment and Treatment. Int Assoc Fire Fight Am Burn Assoc. 2013. www.ameriburn.org.
40. Cooke MW, Ferner RE. Chemical burns causing systemic toxicity. *Arch Emerg Med.* 1993;10(4):368-371. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8110336>.
41. Vagholkar K, Murarka A, Shetty S, Vagholkar S. Management of electrical injuries. *Int Surg J.* 2017;4(9):xxx-xxx. doi:10.18203/2349-2902.isj20173679.
42. Cooper PN. 9. Burn Injury. :215-232.
43. Dzhokic G, Jovchevska J, Dika A. Electrical injuries: Etiology, pathophysiology and mechanism of injury. *Maced J Med Sci.* 2008;1(2):54-58. doi:10.3889/MJMS.1857-5773.2008.0019.

44. Aghakhani K, Heidari M, Tabatabaee SM, Abdolkarimi L. Effect of current pathway on mortality and morbidity in electrical burn patients. *Burns*. 2015;41(1):172-176. doi:10.1016/j.burns.2014.06.008.
45. Lee RRC, Zhang D, Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. *Annu Rev Biomed Eng*. 2000;12:477-509.
46. Sokhal AK, Lodha KG, Kumari M, Paliwal R, Gothwal S. Clinical spectrum of electrical burns ??? A prospective study from the developing world. *Burns*. 2017;43(1):182-189. doi:10.1016/j.burns.2016.07.019.
47. Lee RH. The Other Electrical Hazard: Electric Arc Blast Burns. *IEEE Trans Ind Appl Power App Syst*. 1982;1A-18(3):246-251. doi:10.1109/TIA.1982.4504068.
48. Glatstein MM, Ayalon I, Miller PE, Scolnik D, Chb MB. Pediatric Electrical Burn Injuries. *Pediatr Emerg Care*. 2013;29(6):737-740. doi:10.1097/PEC.0b013e318294dd64.
49. Koumbourlis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med*. 2002;30(11):S424-435. doi:10.1097/01.CCM.0000035099.55766.EA.
50. Sheridan RL, Greenhalgh D. Special problems in burns. *Surg Clin North Am*. 2014;94(4):781-791. doi:10.1016/j.suc.2014.05.002.
51. Arnaldo B, Klein M, Gibran NS. Practice guidelines for the management of electrical injuries. *J Burn Care Res*. 2006;27(4):439-447. doi:10.1097/01.BCR.0000226250.26567.4C.
52. Trauma A college of surgeons committee on. Initial assessment and management. *Adv trauma life Support ATLS student course Man*. 2012:2-22.
53. Junker JPE, Kamel RA, Caterson EJ, Eriksson E. Clinical Impact Upon Wound Healing and Inflammation in Moist, Wet, and Dry Environments. *Adv wound care*. 2013;2(7):348-356. doi:10.1089/wound.2012.0412.
54. Gore MA, Akolekar D. Evaluation of banana leaf dressing for partial thickness burn wounds. *Burns*. 2003;29(5):487-492. doi:10.1016/S0305-4179(03)00050-0.
55. Srinivas CR, Sundaram VS, Raju BA, Prabhu SK, Thirumurthy M, Bhaskar AC. Achieving asepsis of banana leaves for the management of toxic epidermal necrolysis. *Indian J Dermatol Venereol Leprol*. 2006;72(3):201-202.

56. Guenova E, Hoetzenecker W, Kisuze G, et al. Banana leaves as an alternative wound dressing. *Dermatologic Surg.* 2013;39(2):290-297. doi:10.1111/dsu.12067.
57. Kavanagh S, DeJong A. Care of Burn Patient in th Hospital. *Burn Res.* 2012:1-9.
58. Pereira CT, Murphy KD, Herndon DN. Altering metabolism. *J Burn Care Rehabil.* 2005;26:194-199. doi:10.1097/01.BCR.0000162369.84374.18.
59. Murphy F, Amblum J. Treatment for burn blisters: Debride or leave intact? *Emerg Nurse.* 2014;22(2):24-27. doi:10.7748/en2014.04.22.2.24.e1300.
60. C. C. Management of burns in the tropics. *Trop Doct.* 1976;6(1):11-19. doi:10.1177/004947557600600106.
61. Hart NB, Lawrence JC. Tulle-gras dressings. *Burns Incl Therm Inj.* 1984;11(1):26-30.
62. Preparation of Cold Cream. <http://medilol.com/index.php/advanced/pharmaceutics/10-preparation-of-cold-cream.html>. Accessed August 26, 2017.
63. Cuttle L, Kimble R. First aid treatment of burn injuries. *Prim Intent Aust J* 2010;18(1):6-13. http://www.awma.com.au/journal/1801_01.pdf.
64. Hettiaratchy S. Initial management of a major burn: II--assessment and resuscitation. *Bmj.* 2004;329(7457):101-103. doi:10.1136/bmj.329.7457.101.
65. Greenhalgh DG. Fluid resuscitation in burns. *Burns.* 2010;36(8):1316. doi:10.1016/j.burns.2010.05.022.
66. Alvarado R, Chung KK, Cancio LC, Wolf SE. Burn resuscitation. *Burns.* 2009;35(1):4-14. doi:10.1016/j.burns.2008.03.008.
67. Sánchez-Sánchez M, García-de-Lorenzo A, Asensio MJ. First resuscitation of critical burn patients: Progresses and problems. *Med Intensiva.* 2016;40(2):118-124. doi:10.1016/j.medin.2015.12.001.
68. Kramer GC, Michell MW, Oliveira H, et al. Oral and enteral resuscitation of burn shock the historical record and implications for mass casualty care. *Eplasty.* 2010;10:458-474.
69. Latenser BA. Critical care of the burn patient: The first 48 hours. *Crit Care Med.* 2009;37(10):2819-2826. doi:10.1097/CCM.0b013e3181b3a08f.
70. Hilton AK, Pellegrino VA, Scheinkestel CD. Avoiding common problems associated with Intravenous Fluid Therapy. *MJA.* 2008;189(9):509-513.

71. Moenadjat Y, Mulia DD. Problem based management in delayed presented burned in Cipto Mangunkusumo General Hospital, Jakarta. *New Ropanasuri J Surg.* 2017;2(1):116-124. doi:10.13181/nrjs.v2i1.19.
72. Tulle gras | definition of tulle gras by Medical dictionary. <http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/tulle+gras>. Accessed August 26, 2017.