

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Luka Bakar

1. Definisi

Secara definisi suatu luka adalah keadaan hilangnya atau terputusnya kontinuitas jaringan (Mansjoer, 2001). Luka adalah terganggunya integritas normal dari kulit dan jaringan dibawahnya (Kozier, 1992). Luka adalah rusaknya struktur dan fungsi anatomis normal akibat proses patologis yang berasal dari internal maupun eksternal dan mengenai organ tertentu (Potter and Parry, 2005).

Luka bakar atau *Vulnus combutio* pada dasarnya merupakan fenomena pemindahan panas, meskipun sumber panasnya dapat bervariasi. Akibat akhir yang ditimbulkan berupa kerusakan jaringan kulit, bahkan pada keadaan cedera multisistemik dapat menyebabkan gangguan yang serius pada paru-paru, ginjal dan hati. Efek sistemik dan mortalitas yang disebabkan karena luka bakar sangat ditentukan oleh luas dan dalamnya kulit yang terkena luka (Ollstein, 1996).

Luka bakar adalah luka karena terbakar oleh api atau cairan panas maupun sengatan arus listrik. *Vulnus combutio* memiliki bentuk luka

yang tidak beraturan dengan permukaan luka yang lebar dan warna kulit yang menghitam. Biasanya juga disertai bula karena kerusakan epitel kulit dan mukosa (Mansjoer, 2001). Luka bakar dapat hanya mengenai lapisan terluar kulit. Luka bakar dengan ketebalan parsial mengenai lapisan kulit epidermal dan dermal, sedangkan luka bakar penuh meliputi seluruh lapisan kulit dan struktur dibawahnya.

Luka bakar pada dasarnya merupakan fenomena pemindahan panas, meskipun sumber panasnya dapat bervariasi. Akibat akhir yang ditimbulkan berupa kerusakan jaringan kulit, bahkan pada keadaan cedera multisistemik dapat menyebabkan gangguan yang serius pada paru-paru, ginjal dan hati. Efek sistemik dan mortalitas yang disebabkan karena luka bakar sangat ditentukan oleh luas dan dalamnya kulit yang terkena luka (Suwiti, 2010).

2. Etiologi

Luka bakar banyak disebabkan karena suatu hal, diantaranya adalah

- a. Luka Bakar Suhu Tinggi (*Thermal Burn*): gas, cairan, bahan padat
- b. Luka Bakar Bahan Kimia (*Chemical Burn*)
- c. Luka Bakar Sengatan Listrik (*Electrical Burn*)
- d. Luka Bakar Radiasi (*Radiasi Injury*)

3. Derajat Luka Bakar

Luka bakar dibedakan menjadi: derajat satu, dua dan derajat tiga.

Luka derajat satu hanya mengenai epidermis luar, kulit kering dan secara klinis tampak sebagai daerah hiperemia dan eritema. Biasanya sembuh dalam 3–7 hari dan tidak ada jaringan parut.



Gambar 3. Luka bakar derajat I (Burns *et al*, 2006)

Luka derajat dua mengenai lapisan epidermis yang lebih dalam dan mencapai kedalaman dermis tetapi masih ada elemen epitel yang tersisa, seperti sel epitel basal, kelenjar sebacea, kelenjar keringat, dan folikel rambut. Luka dapat sembuh 10–21 hari. Luka derajat ini tampak lebih pucat, terdapat vesikel, edema dan lebih nyeri dibandingkan luka bakar superfisial, karena adanya kerusakan kapiler dan ujung syaraf di dermis. Juga timbul berisi cairan eksudat yang keluar dari pembuluh karena permeabilitas dindingnya meninggi. Derajat dua ini dibedakan menjadi:

- Derajat 2 dangkal, dimana kerusakan mengenai bagian superfisial dari dermis dan penyembuhan terjadi secara spontan dalam 10–14 hari.

- Derajat 2 dalam, dimana kerusakan mengenai hampir seluruh bagian dermis, terdapat bula. Bila kerusakan lebih dalam mengenai dermis, subyektif dirasakan nyeri. Penyembuhan terjadi lebih lama dengan waktu lebih dari 1 bulan (Hettiaratchy, 2004).

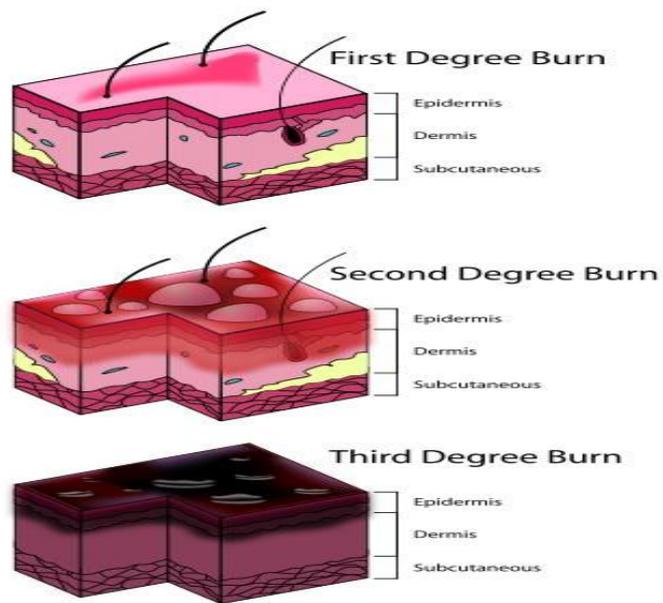


Gambar 4. Luka bakar derajat II (Burns *et al*, 2006)

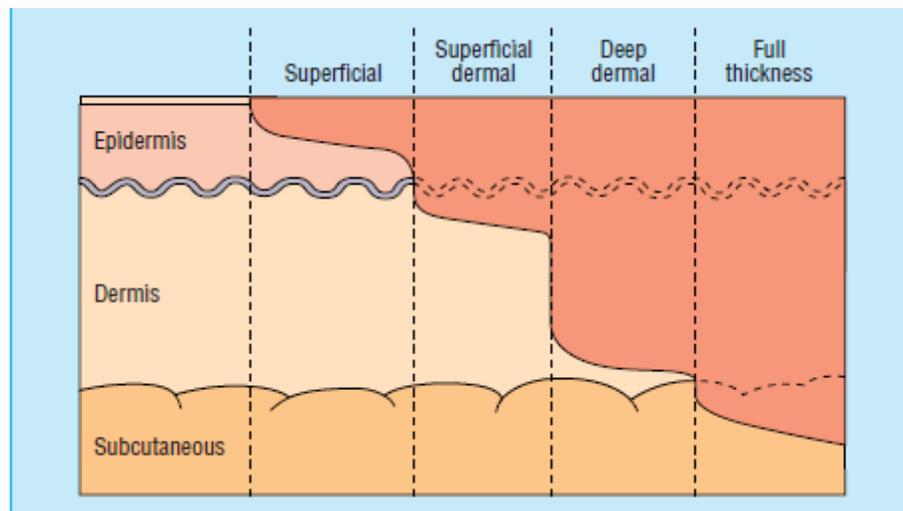
Luka derajat tiga mengenai semua lapisan epidermis dan dermis serta biasanya secara klinis tampak sebagai luka kering, luka merah keputih-putihan, dan hitam keabu-abuan, tidak ada bula, lapisan yang rusak tidak sembuh sendiri maka perlu *Skin graft*. Seringkali vena mengalami koagulasi dan dapat terlihat dari permukaan kulit (Sabiston, 1987).



Gambar 5. Luka bakar derajat III (Sabiston, 1987)



Gambar 6. Derajat luka bakar (Burns *et al*, 2006)



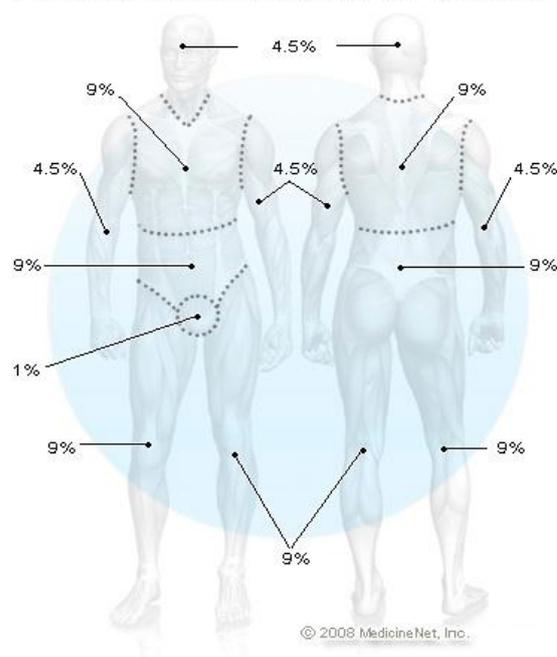
Gambar 7. Penampang kedalaman luka bakar (Hettiaratchy, 2004).

4. Luas Luka Bakar

Luas luka bakar dinyatakan sebagai presentase terhadap luas permukaan tubuh. Untuk menghitung secara cepat dipakai *Rule of*

Nine dari Wallace. Perhitungan cara ini hanya dapat diterapkan pada orang dewasa, karena anak-anak mempunyai proporsi tubuh yang berbeda. Untuk keperluan pencatatan medis, dapat digunakan kartu luka bakar dengan cara Lund and Browder (Baxter, 1993). *Rule of nines* membagi tubuh manusia dewasa dalam beberapa bagian dan setiap bagian dihitung 9%. Hanya luka bakar derajat dua dan tigalah yang dihitung menggunakan *rule of nine*, sementara luka bakar derajat satu tidak dimasukkan sebab permukaan kulit relatif bagus sehingga fungsi kulit sebagai regulasi cairan dan suhu masih baik.

Burn Percentage in Adults: Rule of Nines



Gambar 8. Luas luka bakar pada orang dewasa (Hettiaratchy, 2004).

5. Klasifikasi Luka Bakar

Karena luka bakar sangat bervariasi baik mengenai luas permukaan tubuh maupun dalamnya jaringan yang terbakar, maka perlu

ditetapkan keadaan-keadaan yang memerlukan perawatan dan pengobatan di Rumah Sakit. Dalam hal ini dapat dipakai patokan sebagai berikut:

- 1). Luka bakar berat (perlu dirawat di RS dan mendapat pengobatan intensif)
 - a. Derajat II (dewasa $>30\%$, anak $>20\%$).
 - b. Derajat III $>10\%$
 - c. Luka bakar dengan komplikasi pada saluran nafas, fraktur, trauma jaringan lunak yang hebat.
 - d. Luka bakar akibat sengatan listrik
 - e. Derajat III yang mengenai bagian tubuh yang kritis seperti muka, tangan, kaki, mata, telinga, dan anogenital.
- 2). Luka bakar sedang (perlu dirawat di RS untuk mendapat pengobatan yang baik, biasanya tak seintensif luka bakar berat)
 - a. Derajat II dangkal $>15\%$ (dewasa), 10% (anak)
 - b. Derajat II dalam antara $15-30\%$ (dewasa), $10-20\%$ (anak)
 - c. Derajat III $<10\%$ yang tidak mengenai muka, tangan, kaki, mata, telinga, dan anogenital.
- 3). Luka bakar ringan
 - a. Derajat I
 - b. Derajat II $<15\%$ (dewasa), $<10\%$ (anak-anak)
 - c. Derajat III $<2\%$

B. Fase Penyembuhan Luka

Berdasarkan klasifikasi lama penyembuhan bisa dibedakan menjadi dua yaitu: akut dan kronis. Luka dikatakan akut jika penyembuhan yang terjadi dalam jangka waktu 2–3 minggu. Sedangkan luka kronis adalah segala jenis luka yang tidak tanda-tanda untuk sembuh dalam jangka lebih dari 4–6 minggu.

Pada dasarnya proses penyembuhan luka sama untuk setiap cedera jaringan lunak. Begitu juga halnya dengan kriteria sembuhnya luka pada tipe cedera jaringan luka baik luka ulseratif kronik, seperti dekubitus dan ulkus tungkai, luka traumatis, misalnya laserasi, abrasi, dan luka bakar, atau luka akibat tindakan bedah. Luka dikatakan mengalami proses penyembuhan jika mengalami proses fase respon inflamasi akut terhadap cedera, fase destruktif, fase proliferasi, dan fase maturasi (Morison, 2004). Kemudian disertai dengan berkurangnya luasnya luka, jumlah eksudat berkurang, jaringan luka semakin membaik.

Tubuh secara normal akan merespon terhadap luka melalui proses peradangan yang dikarakteristikan dengan lima tanda utama yaitu bengkak, kemerahan, panas, nyeri dan kerusakan fungsi. Proses penyembuhannya mencakup beberapa fase (Potter and Perry, 2005) yaitu:

a. Fase Inflamatori

Fase ini terjadi segera setelah luka dan berakhir 3–4 hari. Dua proses utama terjadi pada fase ini yaitu hemostasis dan fagositosis. Hemostasis (penghentian perdarahan) akibat fase konstriksi pembuluh darah besar di daerah luka, retraksi pembuluh darah, endapan fibrin (menghubungkan jaringan) dan pembentukan bekuan darah di daerah luka. Scab (keropeng) juga dibentuk dipermukaan luka. Scab membantu hemostasis dan mencegah kontaminasi luka oleh mikroorganisme. Dibawah *scab epithelial* sel berpindah dari luka ke tepi. Epitelial sel membantu sebagai barrier antara tubuh dengan lingkungan dan mencegah masuknya mikroorganisme. Suplai darah yang meningkat ke jaringan membawa bahan-bahan dan nutrisi yang diperlukan pada proses penyembuhan.

Pada akhirnya daerah luka tampak merah dan sedikit bengkak. Selama sel berpindah lekosit (terutama neutropil) berpindah ke daera interstitial. Tempat ini ditempati oleh makrofag yang keluar dari monosit selama lebih kurang 24 jam setelah cidera/luka. Makrofag ini menelan mikroorganisme dan sel debris melalui proses yang disebut fagositosis. Makrofag juga mengeluarkan faktor angiogenesis (AGF) yang merangsang pembentukan ujung epitel diakhirpembuluh darah. Makrofag dan AGF bersama-sama mempercepat proses penyembuhan. Respon inflamatori ini sangat penting bagi proses penyembuhan.

Respon segera setelah terjadi injuri akan terjadi pembekuan darah untuk mencegah kehilangan darah. Karakteristik fase ini adalah tumor, rubor, dolor, color, *functio laesa*. Lama fase ini bisa singkat jika tidak terjadi infeksi.

b. Fase Proliferatif

Fase kedua ini berlangsung dari hari ke-4 atau 5 sampai hari ke-21. Jaringan granulasi terdiri dari kombinasi fibroblas, sel inflamasi, pembuluh darah yang baru, fibronectin and hyularonic acid.

Fibroblas (menghubungkan sel-sel jaringan) yang berpindah ke daerah luka mulai 24 jam pertama setelah terjadi luka. Diawali dengan mensintesis kolagen dan substansi dasar yang disebut proteoglikan kira-kira 5 hari setelah terjadi luka. Kolagen adalah substansi protein yang menambah tegangan permukaan dari luka. Jumlah kolagen yang meningkat menambah kekuatan permukaan luka sehingga kecil kemungkinan luka terbuka. Kapilarisasi dan epitelisasi tumbuh melintasi luka, meningkatkan aliran darah yang memberikan oksigen dan nutrisi yang diperlukan bagi penyembuhan.

c. Fase Maturasi

Fase maturasi dimulai hari ke-21 dan berakhir 1-2 tahun. Fibroblas terus mensintesis kolagen. Kolagen menyalin dirinya, menyatukan dalam struktur yang lebih kuat. Bekas luka menjadi kecil, kehilangan elastisitas dan meninggalkan garis putih. Dalam fase ini terdapat

remodeling luka yang merupakan hasil dari peningkatan jaringan kolagen, pemecahan kolagen yang berlebih dan regresi vaskularitas luka. Terbentuknya kolagen yang baru yang mengubah bentuk luka serta peningkatan kekuatan jaringan. Terbentuk jaringan parut 50–80% sama kuatnya dengan jaringan sebelumnya. Kemudian terdapat pengurangan secara bertahap pada aktivitas selular and vaskularisasi jaringan yang mengalami perbaikan (Syamsulhidjayat, 2005).

Berdasarkan proses penyembuhan, dapat dikategorikan menjadi tiga, yaitu:

a. *Healing by primary intention*

Tepi luka bisa menyatu kembali, permukaan bersih, biasanya terjadi karena suatu insisi, tidak ada jaringan yang hilang. Penyembuhan luka berlangsung dari bagian internal ke ekseternal.

b. *Healing by secondary intention*

Terdapat sebagian jaringan yang hilang, proses penyembuhan akan berlangsung mulai dari pembentukan jaringan granulasi pada dasar luka dan sekitarnya.

c. *Delayed primary healing (tertiary healing)*

Penyembuhan luka berlangsung lambat, biasanya sering disertai dengan infeksi, diperlukan penutupan luka secara manual.

C. Fase Luka Bakar

Dalam perjalanan penyakitnya, dapat dibedakan menjadi tiga fase pada luka bakar, yaitu:

a. Fase akut

Disebut sebagai fase awal atau fase syok. Dalam fase awal penderita akan mengalami ancaman gangguan airway (jalan nafas) hal ini dikarenakan adanya eskar melingkar di dada atau trauma multipel di rongga toraks, breathing (mekanisme bernafas), dan circulation (sirkulasi). Gangguan jalan nafas tidak hanya dapat terjadi segera atau beberapa saat setelah terbakar, namun masih dapat terjadi obstruksi saluran pernafasan akibat cedera inhalasi dalam 48–72 jam pasca trauma. Cedera inhalasi adalah penyebab kematian utama penderita pada fase akut. Pada fase akut sering terjadi gangguan keseimbangan cairan dan elektrolit akibat cedera termal yang berdampak sistemik.

b. Fase sub akut

Berlangsung setelah fase syok teratasi yang berlangsung sampai 21 hari. Masalah utama pada fase ini adalah *Systemic Inflammatory Response Syndrome (SIRS)* dan *Multi-system Organ Dysfunction Syndrome (MODS)* dan sepsis. Hal ini merupakan dampak atau perkembangan masalah yang timbul pada fase pertama dan masalah yang bermula dari kerusakan jaringan akibat kontak dengan sumber panas. Luka yang terjadi menyebabkan proses inflamasi dan infeksi, masalah penutupan luka dengan titik perhatian pada luka terbuka atau

tidak dilapisi epitel luas dan atau pada struktur atau organ–organ fungsional.

c. Fase lanjut.

Fase lanjut akan berlangsung sekitar 8–12 bulan hingga terjadinya maturasi parut akibat luka dan pemulihan fungsi organ-organ fungsional. Masalah yang muncul pada fase ini adalah penyulit berupa parut yang hipertropik, keloid, gangguan pigmentasi, deformitas dan kontraktur (Moenadjat, 2005).

Dewasa ini proses penyembuhan luka pada kulit sudah semakin cepat dan mudah. Hal ini tidak terlepas dari dukungan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Untuk menyembuhkan luka, masyarakat dapat sangat mudah mengakses obat-obatan kimia yang telah beredar luas. Masyarakat kurang mengerti bahwa sebenarnya banyak peneliti yang telah meneliti bahan-bahan ilmiah yang telah teruji hasilnya untuk penyembuhan luka, termasuk luka bakar. Salah satunya adalah madu.

D. Madu

1. Gambaran Umum

Madu adalah cairan alami yang umumnya mempunyai rasa manis, yang dihasilkan oleh lebah madu dari sari bunga tanaman atau bagian lain dari tanaman atau ekskresi serangga (Badan Standardisasi Nasional, 2000). Berdasarkan jenis bunga, madu memiliki banyak

ragam dan jenis sesuai dengan bunga yang menjadi sumbernya. Contoh madu ini adalah madu bunga kopi, madu bunga durian, madu bunga rambutan, dan sebagainya (Aden, 2010).

Madu adalah nektar dan eksudasi sakarin dari tumbuhan, diubah dan disimpan oleh lebah madu (Molan, 2000). Madu menjadi salah satu pengobatan tradisional yang paling lama bertahan untuk digunakan dalam pengobatan luka (Molan, 1998). Dalam pengobatannya, madu dapat digunakan sendiri atau dikombinasikan dengan zat lain (Salmah dan Sidik, 2005) dan diberikan secara topikal dan sistemik (Suguna *et al.*, 1992). Sebagian besar efektivitas madu dalam pengobatan dikaitkan dengan aktivitas antibakteri dan antioksidan (Molan, 1999).

Fakta ilmiah ini telah dibenarkan oleh para ilmuwan yang bertemu pada Konferensi Apikultur Sedunia (World Apiculture Conference) yang diselenggarakan pada tanggal 20–26 September 1993 di Cina. Konferensi tersebut membahas pengobatan dengan menggunakan ramuan yang berasal dari madu. Para ilmuwan Amerika mengatakan bahwa madu, royal jelly, serbuk sari, dan propolis dapat mengobati berbagai penyakit. Seorang dokter Rumania mengatakan bahwa ia mengujikan madu untuk pengobatan pasien katarak, dan 2002 dari 2094 pasiennya sembuh total. Para dokter Polandia juga menyatakan dalam konferensi tersebut bahwa resin lebah dapat membantu

penyembuhan banyak penyakit seperti wasir, masalah kulit, penyakit ginekologis, dan berbagai penyakit lainnya.

Madu memang bahan alami yang secara sepiantas efeknya kalah dengan obat-obatan kimia, akan tetapi menggunakan madu sebagai obat luka pada kulit memiliki efek lebih menguntungkan daripada menggunakan obat-obatan kimia.

Madu berasal dari nektar bunga yang disimpan oleh lebah dari kantung madu. Oleh lebah nektar tersebut diolah sebelum akhirnya menghasilkan madu dalam sarangnya. Madu dihasilkan oleh serangga lebah madu (*Apis mellifera*) termasuk dalam superfamili apoidea. Madu adalah obat alami karena tidak perlu diolah di laboratorium. Madu sudah ada di alam dan tinggal diolah dari sarangnya (Susan, 2008).

2. Kandungan Madu

Kandungan dan sifat madu dapat berbeda tergantung dari sumber madu (Gheldof *et al.*, 2002; Gheldof and Engeseth, 2002). Madu lebih efektif digunakan sebagai terapi topikal karena kandungan nutrisi dan sifat madu. Madu mengandung senyawa radikal hidrogen peroksida yang bersifat dapat membunuh mikroorganisme patogen dan terdapat adanya senyawa organik yang bersifat antibakteri antara lain seperti polypenol, dan glikosida.

Selain itu dalam madu terdapat banyak sekali kandungan vitamin, asam mineral, dan enzim yang sangat berguna bagi tubuh sebagai pengobatan secara tradisional, antibodi, dan penghambat pertumbuhan sel kanker, atau tumor. Madu adalah sumber alami karbohidrat yang memberikan kalori sebanyak 64 kal/sendok makan. Madu mengandung sejumlah asam, yaitu asam amino sebesar 0,05–0,1% dan asam organik sebesar 0,17–1,17%. pH rata-rata madu adalah 3,9 dengan rata-rata pH sebesar 3,4–6,1 (*National Honey Board, 2007*).

Madu terutama terdiri dari gula sebanyak 79,6% dan air sebanyak 17,2%. Gula yang paling banyak terdapat pada madu adalah fruktosa sekitar 38,5% dan glukosa sekitar 31,0%. Fruktosa dan glukosa merupakan monosakarida. Madu juga mengandung gula jenis disakarida, yaitu sukrosa sekitar 1,3%, maltosa sekitar 7,3%, turanosa, isomaltosa, dan maltulosa. Selain monosakarida dan disakarida, madu juga mengandung oligosakarida (*Riddle, 2001; National Honey Board, 2007*).

Madu mengandung sejumlah vitamin dan mineral (*Standifer, 2007*). Persentase komposisi minor madu adalah asam sekitar 0,57%, protein sekitar 0,266%, nitrogen sekitar 0,043%, asam amino sekitar 0,1%, mineral sekitar 0,17%, dan beberapa komponen lain, seperti fenol, koloid, dan vitamin, yang semuanya membentuk sekitar 2,1% dari seluruh komposisi madu (*National Honey Board, 2007; Yao et al.,*

2004; Michalkiewicz *et al.*, 2008). Daftar komposisi madu secara umum tercantum dalam tabel 1.

Tabel 1. Komposisi madu (Suranto, 2007).

KANDUNGAN	RATA-RATA	KISARAN	DEVIASI STANDAR
Fruktosa/Glukosa	1,23	0,76–1,86	0,126
Fruktosa %	38,38	30,91–44,26	1,77
Glukosa %	30,31	22,89–44,26	3,04
Maltosa %	7,3	2,7–16,0	2,1
Sukrosa %	1,31	0,25–7,57	0,87
Gula %	83,72	-	-
Mineral %	0,169	0,020–1,028	0,15
Asam bebas	0,43	0,13–0,92	0,16
Nitrogen	0,041	0,000–0,133	0,026
Air %	17,2	13,4–22,9	1,5
pH	3,91	3,42–6,01	-
Total keasaman meq/kg	29,12	8,68–59,49	10,33
Protein mg/100 gr	168,6	57,7–56,7	70,9

Madu alami juga banyak mengandung enzim, yaitu molekul protein yang sangat kompleks yang dihasilkan oleh sel hidup dan berfungsi sebagai katalisator, yakni zat pengubah kecepatan reaksi dalam proses kimia yang terjadi di dalam tubuh setiap makhluk hidup (Purbajaya, 2007). Enzim yang paling dominan adalah diastase (amilase), invertase, dan glukosa oksidase. Enzim-enzim lain, seperti katalase dan asam fosfatase, terdapat dalam jumlah yang lebih kecil (*National Honey Board*, 2007).

E. Manfaat Madu Dan Berbagai Penelitian Terkait Madu

Penelitian tentang pemanfaatan produk lebah madu dimulai sejak tahun 1922 oleh Prof. R. Chauvin dari Universitas Sorbone, Perancis (Apiari

Pramuka, 2003 dalam Peri, 2004). Penelitian-penelitian selanjutnya mengenai manfaat madu banyak dilakukan dan berhasil menguraikan berbagai manfaat madu, salah satunya di bidang kesehatan. Madu telah dilaporkan mempunyai efek inhibitor sekitar 60 spesies bakteri meliputi bakteri aerob dan anaerob, gram positif dan gram negatif. Efek antifungal juga telah diobservasi pada beberapa jamur serta spesies *aspergillus* dan *penicillium* (Molan, 1992).

Madu merupakan larutan yang mengalami supersaturasi dengan kandungan gula yang tinggi dan mempunyai interaksi kuat dengan molekul air sehingga akan dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan mengurangi aroma pada luka. Salah satunya adalah pada luka infeksi yang disebabkan oleh bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* yang paling banyak dijumpai pada infeksi di permukaan kulit. Seperti yang dilaporkan Cooper *et al* (1999), hasil studi laboratorium menunjukkan madu memiliki efek anti bakteri pada beberapa jenis luka infeksi, misalnya bakteri *Staphylococcus aureus*.

Hasil penelitian lain melaporkan madu alam dapat membunuh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Clostridium* (Efem dan Iwara, 1992). Luka dapat menjadi steril terhadap kuman apabila menggunakan madu sebagai *dressing* untuk terapi topikal. Selain itu pH yang rendah {3,6–3,7} dari madu dapat mencegah terjadinya penetrasi dan kolonisasi kuman (Efem, 1998). Apabila terjadi kontak dengan cairan luka

khususnya luka kronis, cairan luka akan terlarut akibat kandungan gula yang tinggi pada madu, sehingga luka menjadi lembab dan hal ini dianggap baik untuk proses penyembuhan.

Salah satu tujuan terapi luka adalah untuk mengurangi respon inflamasi berlebihan (Cho *et al.*, 2003). Madu telah dilaporkan dapat mengurangi inflamasi pada proses luka (Subrahmanyam, 1998). Berhubungan dengan sifat madu yang antioksidan sehingga bertanggung jawab pada radikal bebas yang terlibat dalam berbagai aspek peradangan. Aljadi dan Kamaruddin (2004) melaporkan bahwa madu memiliki antioksidan dan pemulungan radikal properti, yang terutama karena flavonoid dan fenolik.

Madu juga merangsang pertumbuhan jaringan baru sehingga selain mempercepat penyembuhan juga mengurangi timbulnya parut atau bekas luka pada kulit. Madu memiliki efek osmotik dengan tingginya kadar gula dalam madu terutama fruktosa, dan kadar air yang sangat sedikit menyebabkan madu memiliki efek osmotik yang tinggi. Dengan adanya efek tersebut memungkinkan mikroorganisme yang ada dalam tubuh sukar tumbuh dan berkembang.

Selain itu kandungan air yang terdapat dalam madu akan memberikan kelembaban pada luka. Hal ini sesuai dengan prinsip perawatan luka modern yaitu "*Moisture Balance*". Hasil penelitian Gethin *et al.* (2008) melaporkan madu dapat menurunkan pH dan mengurangi ukuran luka

kronis seperti *ulkus vena*/arteri dan luka *dekubitus* dalam waktu dua minggu secara signifikan. Hal ini akan memudahkan terjadinya proses granulasi dan epitelisasi pada luka.

Madu mampu mengabsorpsi pus atau nanah atau luka, sehingga secara tidak langsung madu akan membersihkan luka tersebut. Madu menimbulkan efek analgetik (penghilang nyeri), mengurangi iritasi, dan dapat mengeliminasi bau yang menyengat pada luka. Madu juga berfungsi sebagai antioksidan karena adanya vitamin C yang banyak terkandung pada madu. Secara tidak langsung madu mengeliminasi zat radikal bebas yang ada pada tubuh kita. Pada luka bakar, dimana madu telah dimanfaatkan untuk manahan luka-luka bakar yang terjadi pada kulit. Jika diusapkan pada daerah yang terbakar, madu akan mengurangi rasa sakit yang menyengat dan mencegah pembentukan lepuhan (Purbaya, 2002).

Dari beberapa penelitian yang dilakukan salah satunya oleh Dr. Jamal Burhan dari Universitas Iskandariyah Mesir pada tahun 1991 menyebutkan madu sangat efektif untuk pengobatan luka dan telah dilakukan eksperimen pengobatan terhadap luka bakar dengan menggunakan madu dan setelah dilakukan perbandingan dengan pengobatan modern yaitu SS, hasilnya setelah 7 hari, kelompok yang diobati dengan madu 91% bebas dari infeksi sedangkan yang diobati dengan SS hanya 7% yang bebas infeksi. Setelah pengobatan berjalan 15

hari, 87% pasien yang diobati madu sembuh sedangkan yang diobati dengan SS hanya 10% yang sembuh. Penelitian pada tahun 1992 dan 1993 juga membuktikan bahwa pasien luka bakar yang diobati dengan madu, hanya 20% yang menyisakan luka luka ditubuhnya, sedangkan pengobatan modern dengan obat farmakologis menyisakan sekitar 65% pasien meninggalkan bekas luka (Suryadhine, 2007).

Madu selama berabad-abad telah digunakan untuk perawatan luka dan borok. Madu berisi glukosa dan enzim yang disebut oksidase glukosa. Pada kondisi yang tepat, oksidase glukosa dapat memecah glukosa madu menjadi hidrogen peroksida, zat yang bersifat antiseptik kuat. Madu dalam kemasan tidak dapat melakukan reaksi ini. Untuk menjadi aktif dan mengurai glukosa madu, oksidase glukosa memerlukan lingkungan dengan pH 5,5–8,0 dan natrium. PH madu murni yang berkisar antara 3,2 dan 4,5 terlalu rendah untuk mengaktifkan enzim. Kulit dan cairan tubuh misalnya darah memiliki pH relatif tinggi dan mengandung natrium sehingga memberikan kondisi yang tepat untuk pembentukan hidrogen peroksida.

Sebuah penelitian terhadap bakteri *Escherichia coli* yang secara konstan terpapar H_2O_2 yang dihasilkan oleh madu, menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri tersebut dihambat pada konsentrasi 0,02–0,05 mmol/l. Tingkat konsentrasi H_2O_2 yang kecil ini tidak menimbulkan kerusakan jaringan maupun reaksi inflamasi. Kecepatan penyembuhan

luka yang lebih singkat dengan menggunakan madu sudah banyak berbagai rangkaian penelitian yang dilakukan, namun penggunaan madu dalam ruang lingkup klinis masih rendah (Moore *et al.*, 2001).

Namun kekurangan madu adalah tidak bisa digunakan untuk bayi yang berusia 3 minggu hingga 363 hari. Spora pada madu dan dikonsumsi oleh bayi akan mengakibatkan penyakit Botulisme pada bayi. Botulisme ini disebabkan karena bayi menelan bakteri *C. botulinum*, bukan racunnya. Botulisme pada bayi ini disebabkan kolonisasi bakteri *C. botulinum* pada saluran pencernaan bayi. Spora yang masuk ke saluran pencernaan dan tumbuh di sana membentuk sel vegetatif yang mampu menghasilkan neurotoksin. Gejala-gejala botulisme ini adalah bayi-bayi pada bulan pertama awal kehidupannya menjadi tidak mau makan, lemah, dan ada tanda-tanda paralisis (Chan, 2006).

F. Berbagai Penelitian Terkait Hidrogel Untuk Penyembuhan Luka

Hidrogel adalah obat standard yang sudah dipatenkan untuk pengobatan luka. Penggunaan hidrogel yang kandungannya hidrogen peroksida, air, dan gliserin sangat efektif digunakan pada luka ulkus gangren dikarenakan prinsip kandungan hidrogel yang memberikan efek pendingin dan kelembaban pada luka saat fase proliferasi. Selain untuk luka ulkus gangren, hidrogel telah memberikan efek penyembuhan untuk luka bakar derajat I dan II. Jaringan luka yang kehilangan protein akan digantikan oleh kandungan hidrogel (Erizal, 2008).

Beberapa penelitian telah menunjukkan kemajuan terbaru dalam radiasi telah mengakibatkan kemampuan untuk menggabungkan madu ke matriks hidrogel untuk penanganan luka bakar lebih baik. Penelitian Rozaini *et al.* (2012) menunjukkan bahwa aplikasi topikal Hidrogel Madu mempercepat laju penyembuhan luka bakar seperti yang ditunjukkan oleh tingkat peningkatan luka penutupan dan penampilan kosmetik yang lebih baik. Sementara itu, evaluasi hasil histopatologis dari lokasi luka juga memberikan bukti bahwa Hidrogel Madu merangsang proses penyembuhan dengan mengurangi respon inflamasi dan meningkatkan re-epitelisasi.

Pada penelitian Erizal (2008) terlihat bahwa laju reduksi diameter luka bakar pada pemakaian hidrogel dalam penyembuhan luka relatif lebih cepat dibanding pengaruh kasa steril. Pemakaian hidrogel memberikan efek pengecilan ukuran diameter hingga diameter 0 mm yang berarti luka sembuh, terjadi pada hari ke-18 sedang pada saat yang sama kasa steril belum memberikan efek penyembuhan sempurna. Thomas (2007) melaporkan bahwa lingkungan lembab pada luka akan mempercepat proses *epitelisasi* dari luka. Penutupan luka bakar dengan pembalut hidrogel pada 48 jam pertama dapat menjaga kestabilan kelembaban jaringan dan mengoptimalkan proses epitelisasi. Hal ini mungkin yang menyebabkan pemakaian pembalut hidrogel yang bersifat sebagai pembasah dan pendingin menyebabkan terjadinya reduksi ukuran diameter luka lebih cepat dibanding pengaruh kasa steril.