

CURCUMIN SEBAGAI PHOTSENSITIZERS TERAPI CAHAYA LED BIRU UNTUK PENYEMBUHAN LUKA INFEKSI SECARA IN VIVO

Juandri S. Tusi^{*1}, Dr. Suryani Dyah A.², Dr. Andi H. Zaidan³

^{1,2}Sekolah Pascasarjana Unair; Jl. Airlangga 4-6, 031-5041566/031-5030076

³Prodi S2 Teknobiomedik, Universitas Airlangga, Surabaya

e-mail: *¹sepriantojuand@gmail.com

Abstrak

Salah satu penyebab infeksi luka adalah bakteri *Staphylococcus Aureus*. Penelitian ini bertujuan untuk efektifitas fotoinaktivasi LED biru dengan curcumin untuk penyembuhan luka infeksi secara in vivo. Sampel terdiri dari (a) kontrol negatif, (b) curcumin, (c) LED biru, dan (d) tritmen LED biru dengan curcumin menggunakan dosis energi 10, 20, 30, dan 40 menit untuk melihat parameter yang diamati dengan uji Anova. Hasil penelitian pada mencit menunjukkan bahwa presentase kolagen dan fibroblas dari setiap kelompok kontrol adalah kontrol negatif (1) kolagen sebesar 11.84% dan fibroblas 9,35%, LED (2) kolagen sebesar 16.94% dan fibroblas 25,29%, Curcumin (3) kolagen sebesar 13.07% dan fibroblas 24,49%, LED dengan Curcumin 10 menit (4) kolagen sebesar 21.98% dan fibroblas 23,23%, LED dengan Curcumin 20 menit (5) kolagen sebesar 36.72% dan fibroblas 24,17%, LED dengan Curcumin 30 menit (6) kolagen sebesar 45.31% dan fibroblas 26,13%, LED dengan Curcumin 40 menit (7) kolagen sebesar 55.17% dan fibroblas 26,85%. Kesimpulan dari hasil uji Histopatologi dengan control perlakuan curcumin dengan LED biru 40 menit menghasilkan jumlah kolagen sebanyak 55,17% dan fibroblas 26,85%, sedangkan analisis dengan pengujian secara makroskopik diketahui luka telah sembuh pada hari keenam pada kelompok kontrol tersebut.

Kata kunci : luka infeksi, curcumin, LED biru.

Abstract

One cause of wound infection is a bacterium *Staphylococcus aureus*. This study aims to effectiveness photoinactivation blue LED with curcumin for wound healing in vivo infection. The sample consisted of (a) negative control, (b) curcumin, (c) a blue LED, and (d) tritmen blue LEDs with curcumin doses of energy 10, 20, 30, and 40 minutes to see the parameters observed by Anova. The results of the study in mice showed that the percentage of collagen and fibroblasts from each of the control group were negative control (1) amounted to 11.84% collagen and fibroblasts 9.35%, LED (2) collagen amounted to 16.94% and 25.29% fibroblasts, Curcumin (3) at 13:07% collagen and fibroblasts 24.49%, LED with Curcumin 10 minutes (4) collagen amounted to 21.98% and 23.23% fibroblasts, LED with Curcumin 20 minutes (5) the collagen by fibroblasts 36.72% and 24.17%, LED with Curcumin 30 minutes (6) amounted to 45.31% collagen and fibroblasts 26.13%, LED with Curcumin 40 minutes (7) amounted to 55.17% collagen and fibroblasts 26.85%. Histopathology conclusion of the test results with a control treatment of curcumin with a blue LED 40 minutes to produce the amount of collagen as much as 55.17% and 26.85% fibroblasts, whereas macroscopic analysis by testing known injury has healed on day six in the control group.

Keywords: wound infections, curcumin, a blue LED

1. PENDAHULUAN

Infeksi *Staphylococcus aureus* dapat menyebar melalui kontak dengan nanah dari luka yang terinfeksi. Dalam Kamus Keperawatan disebutkan bahwa infeksi adalah invasi dan multiplikasi mikroorganisme dalam jaringan tubuh, khususnya yang menimbulkan cedera seluler setempat akibat metabolisme kompetitif, toksin, replikasi intraseluler atau reaksi antigen-antibodi. Munculnya infeksi dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan dalam rantai infeksi. Adanya patogen tidak berarti bahwa infeksi akan terjadi (Utama, 2006). Tanda dari infeksi yaitu *calor* (panas), *dolor* atau rasa sakit, *rubor* atau kemerahan, *tumor* (bengkak) dan *functiolaesa* (gangguan fungsi).

Luka adalah kerusakan pada struktur anatomi kulit yang menyebabkan terjadinya gangguan kulit. Contoh yang paling mudah jika jari tangan tersayat oleh pisau, maka luka yang timbul akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada kulit sehingga kulit tidak dapat melindungi struktur yang ada dibawahnya. Jika terkontaminasi oleh debu dan bakteri dan tidak terawat maka akan terjadi infeksi. Salah satu bakteri yang menyebabkan infeksi pada kulit luka yaitu bakteri *Staphylococcus aureus* (*S. Aureus*) (Sim, Romi, 2009). Infeksi yang disebabkan oleh *S.aureus* dapat terjadi secara langsung maupun tak langsung, sehingga luka menghasilkan nanah dan disebut bakteri piogenik (WHO, 2004). *S. Aureus* merupakan bakteri *coccus* gram positif, susunannya bergerombol dan tidak teratur seperti anggur (Dowshen, *et al*, 2002), dapat ditemukan pada permukaan kulit sebagai flora normal, terutama disekitar hidung, mulut, alat kelamin, dan disekitar anus.

Pengobatan infeksi biasanya dilakukan dengan pemberian obat antibiotik, akan tetapi pemberian yang terlalu lama dapat menyebabkan kuman/bakteri menjadi resisten terhadap antibiotik tersebut. Diperlukan metode alternatif lain untuk mengatasi bakteri yang resisten terhadap antibiotik yaitu dengan memanfaatkan antibakteria berbahan alam *curcumin* yang diaktifasi oleh *Light Emitting Diode* (LED). *Curcumin* di alam terdapat bersama-sama dengan dua senyawa lain yaitu demetoksi *curcumin* dan bis-demetoksi *curcumin*, yang dikenal dengan nama kurkuminoid (Badreldin dkk, 2006). Berdasarkan hasil penelitian senyawa *curcumin* tersebut memiliki berbagai aktivitas biologis seperti antibakteri, antiprotozoa, antivirus, antikoagulan, antioksidan, antitumor dan antikarsinogenik. Sedangkan

untuk senyawa demetoksi *curcumin* dan bis-demetoksi *curcumin* memiliki aktivitas antioksidan (Chattopadhyay dkk, 2004). Hasil isolasi tanaman *Curcuma longa* diperoleh berbagai senyawa *curcumin* lainnya seperti *sodium curcuminat* yang memiliki aktivitas antiinflamasi dan antibakteri, dan *curcumin* yang memiliki aktivitas antiprotozoa (Chattopadhyay dkk, 2004). Studi awal menunjukkan bahwa *Curcumin* dapat menghambat bakteri gram negatif dan gram positif.

Efektifitas antibakteri *curcumin* dapat ditingkatkan dengan *Photodynamic Therapy* (PDT). Mekanisme kerja PDT dapat merusak dinding membran gram positif sehingga terjadinya interaksi langsung antara senyawa *curcumin* dengan peptidoglikan bakteri sehingga menghambat sintesis dinding sel bakteri. Teknik terapi PDT ini bersifat non-farmakologi, antimikroba dan berbasis cahaya yang dapat digunakan sebagai alternatif terhadap antibiotik tradisional (Dai, 2011).

Pendekatan kombinasi ini memperkenalkan *fotosensitizer* dalam bakteri tertentu dan ke dalam jaringan yang terinfeksi (Wainwright, 1998). LED biru menjadikan fungsi sumber cahaya sebagai faktor tambahan dalam proses fotosensitizer dalam mengatasi infeksi yang disebabkan oleh kuman/bakteri. Kombinasi dengan cahaya biru dapat mengaktifasi *curcumin* sebagai agen *photosensitizer* untuk membunuh bakteri (Yuan Jiang *et al*, 2014).

Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa aksi *photodynamic* LED mengaktifasi *curcumin* berpengaruh pada kelangsungan hidup sel, permeabilitas membran, dan spesies oksigen reaktif intraseluler dari *S. aureus*. Pada *S. aureus* yang diinkubasi dalam *curcumin* dengan konsentrasi yang berbeda, selama 60 menit dan disinari oleh cahaya biru dengan panjang gelombang 470nm dan dengan dosis ringan dari 3 J/cm² hasilnya diperoleh membran sel *S.aureus* terlihat hampir 72% mengalami kematian atau kerusakan. Koloni diuji dengan menyelidiki sitotoksitas *S.aureus* pada pemberian *curcumin* dengan hasil banyak *S.aureus* yang mengalami kerusakan membran. Untuk pengujian permeabilitas membran dilakukan dengan *Mikroskop Confocal Laser* (CLSM) dan *flow Cytometry* (FCM) dengan hasil *curcumin* 2,5 µm dengan waktu 60 menit pada ruang gelap dengan suhu ruangan 37⁰C dan kemudian disinari oleh cahaya biru dengan dosis 3J/cm² *S.aureus* mengalami kematian sel membran, sedangkan untuk pengujian mengamati morfologi dan struktur

menggunakan *Mikroskop Elektron Transmisi* (TEM) adapun untuk melihat pewarnaan pengukuran tingkat ROS (*reaksi oksigen spesies*) menggunakan analisis FCM dengan DCFH-DA (*dichlorodihydrofluorescein diasetat*) hasilnya yaitu cahaya biru mengaktifasi *curcumin* secara signifikan membunuh *S. Aureus* tergantung pemberian dosis. Pada pengamatan dengan TEM terlihat kerusakan struktur *S.aureus*. Peningkatan intraseluler ROS diamati setelah *curcumin* diaktivasi oleh cahaya. Dari penjelasan maka dapat disimpulkan bahwa *curcumin* diaktifasi oleh cahaya biru dapat merusak permeabilitas membran dan menyebabkan kematian sel *S.aureus*, juga melihat peningkatan ROS yang berperan penting dalam membunuh *S. aureus* (Yuan Jiang dkk,2014).

Penelitian ini akan membahas bagaimana *curcumin* sebagai *fotosensitizer* dengan penyerapan cahaya tampak menggunakan LED biru untuk penyembuhan luka infeksi.

2. MATERI DAN METODE

Sampel penelitian adalah *Staphylococcus aureus*. *Curcumin* sebagai fotosensitizer di dapat dari sigma. Peralatan yang diperlukan adalah seperangkat peralatan LED untuk penyinaran, dengan dosis energi 10 menit,20 menit,30 menit dan 40 menit diuji menurut HPA dan uji makroskopik.

2.1 *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus (*S. aureus*) merupakan bakteri *coccus* gram (+), susunannya bergerombol dan tidak teratur seperti anggur (Gambar 2.4). *S. aureus* tumbuh pada media cair dan padat seperti NA (*Nutrien Agar*) dan BAP (*Blood Agar Plate*). *S. aureus* dapat ditemukan pada permukaan kulit sebagai flora normal, terutama disekitar hidung, mulut, alat kelamin, dan sekitar anus.

S. aureus dapat menyebabkan infeksi pada luka biasanya berupa abses yang merupakan kumpulan nanah atau cairan dalam jaringan yang disebabkan oleh infeksi. Jenis-jenis abses yang spesifik diantaranya bengkak (*boil*), radang akar rambut (*folliculitis*). Infeksi oleh *S. aureus* bisa menyebabkan sindroma kulit dan juga dapat menular selama ada nanah yang keluar dari lesi atau hidung. Selain itu jari-jemari juga dapat membawa Infeksi *S. aureus* dari satu bagian tubuh yang luka atau robek (Dowshen, *et al*, 2002).

2.2 *Curcumin*

Kunyit (*Curcuma domestica val*) merupakan salah satu tanaman yang digunakan untuk pengobatan tradisional oleh nenek moyang kita sejak lama. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan secara invitro, membuktikan bahwa senyawa aktif dalam rimpang kunyit mampu menghambat pertumbuhan jamur, virus, dan bakteri baik Gram positif maupun Gram negatif, seperti *E.coli* dan *S. aureus*, karena kunyit mengandung berbagai senyawa diantaranya adalah *curcumin* dan minyak siri (Said, 2001). *Curcumin* adalah suatu senyawa fenolik. Turunan fenol ini akan berinteraksi dengan dinding sel bakteri, selanjutnya terabsorpsi dan penetrasi ke dalam sel bakteri, sehingga menyebabkan presipitasi dan denaturasi protein, akibatnya akan melisis membran sel bakteri.

Efek fotokimia akibat paparan laser menyebabkan induksi apoptosis baik oleh jalur mitokondria yang melibatkan *caspases* dan pelepasan sitokrom, atau jalur melibatkan *ceramide* atau reseptor kematian. Ketika fotosensitizer terlokalisasi pada mitokondria maka kematian sel terjadi dinamakan apoptosis, sedangkan jika fotosensitizer terlokalisasi pada membran plasma kematian yang terjadi disebut nekrosis (Prasad, 2003).

2.3 LED

Light Emitting Diode (LED) adalah salah satu komponen elektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor jenis dioda yang mampu mengeluarkan cahaya. LED menghasilkan cahaya monokromatik, prinsip kerjanya ketika LED diberi tegangan panjar maju maka LED akan mengalami medan elektromagnetik sehingga elektron akan mengalami rekombinasi dengan *hole*, rekombinasi ini melepaskan energi berupa foton, foton inilah yang menyebabkan cahaya terpancar dari LED.

Penyinaran LED difokuskan pada perusakan membran sitoplasma pada bakteri dengan gram (+) dan gram (-) didasarkan pada konsep fotosensitizer. PS sendiri sangat baik mengikat pada bakteri gram (+) dan juga memperlambat pertumbuhan bakteri. Penelitian lebih lanjut telah menetapkan bahwa gram bakteri (+) sangat sensitif terhadap tindakan photosensitising dari anionik karena PS menyerap cahaya tampak.

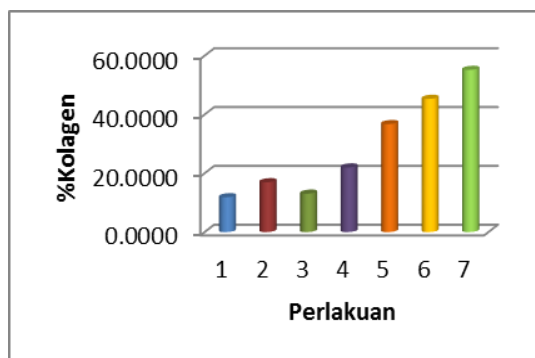
2.4 Dosis Energi

Pengujian dengan dosis energi 10 menit, 20 menit, 30 menit dan 40 menit dari cahaya LED biru. Hasil karakterisasi pada setiap kelompok kontrol akan diuji histopatologi dan makroskopik untuk mengetahui perbandingan setiap kelompok kontrol.

3. Hasil Dan Diskusi

Pada percobaan penelitian ini mencit dipaparkan dengan LED dengan panjang gelombang 450-470 nm dan penambahan eksogen phosensitizer curcumin. Pada mencit dilakukan perlakuan secara berbeda yaitu kontrol negative (1), kontrol positif LED (2), kontrol positif Curcumin (3), kontrol positif LED dengan Curcumin 10 menit (4), kontrol positif LED dengan Curcumin 20 menit (5), kontrol positif LED dengan Curcumin 30 menit (6), dan kontrol positif LED dengan Curcumin 40 menit (7).

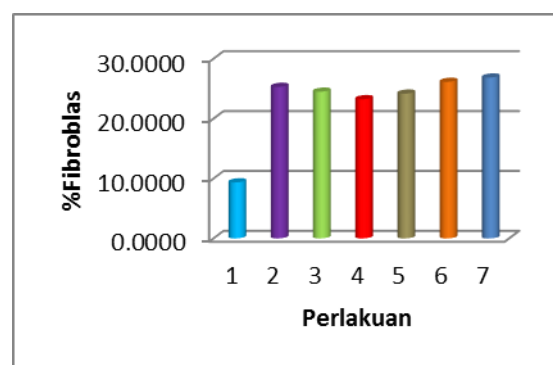
Perlakuan kontrol negatif (1) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 11.84%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED (2) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 16.94%, mencit dengan perlakuan kontrol positif Curcumin (3) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 13.07%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 10 menit (4) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 21.98%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 20 menit (5) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 36.72%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 30 menit (6) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 45.31%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 40 menit (7) rata-rata memiliki nilai presentase kolagen sebesar 55.17%.



Gambar 1 presentase kolagen pada setiap kelompok percobaan

Perlakuan kontrol negatif (1) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 9.35%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED (2) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 25.29%, mencit dengan perlakuan kontrol positif Curcumin (3) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 24.49%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 10 menit (4) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 23.23%, mencit dengan

perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 20 menit (5) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 24.17%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 30 menit (6) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 26.13%, mencit dengan perlakuan kontrol positif LED dengan Curcumin 40 menit (7) rata-rata memiliki nilai presentase fibroblas sebesar 26.85%.



Gambar 2 presentase fibroblas dalam setiap kelompok percobaan

3.1 Uji Normalitas

Table 3.1 hasil uji normalitas

Variabel	P-Value	Keterangan
%Kolagen	0.251	Data Normal
%Fibroblas	0.101	Data Normal

Sebelum dilakukan uji dengan menggunakan One Way Anova, maka data perlu diuji dahulu normalitasnya dengan menggunakan Kolmogorov – Smirnov. terlihat bahwa nilai $p > 0,05$. Karena nilai p untuk semua variabel adalah lebih besar dari 0,05, maka dapat diambil kesimpulan bahwa sebaran data pada variabel %Kolagen dan %Fibroblas tersebut adalah normal.

3.2 Uji Homogenitas

Table 3.2 hasil uji Homogenitas

Variabel	P-Value	Keterangan
%Kolagen	0.134	Data Normal
%Fibroblas	0.742	Data Normal

Hasil uji homogenitas varian dari variabel %Kolagen dan %Fibroblas. uji homogenitas varian di atas terlihat bahwa hasil uji varian ketujuh kelompok

dari variabel persentase kolagen tersebut sama (P-value = 0.134), sehingga uji Anova valid untuk menguji hubungan ini.

Selanjutnya, untuk variabel persentase fibroblas, terlihat bahwa hasil uji varian ketujuh kelompok tersebut sama (P-value = 0.742), sehingga uji Anova valid untuk menguji hubungan ini. Karena syarat normalitas dan homogenitas terpenuhi, maka dapat dilakukan uji One Way Anova.

3.3 Uji One Way Anova

Selanjutnya untuk melihat apakah ada perbedaan persentase kolagen dari ketujuh kelompok perlakuan tersebut dapat dilihat pada tabel ANOVA.

3.3.1 Kolagen

4	Kelompok	N	Rata-rata	SD	Anova	
					Hasil	Kesimpulan
Wa ktu	K.-	3	11.8	175	Tuke y F=30 89.21 2 p=0.0 00	Beda berm akna
	C	3	16.9	122		
	LED	3	13.0	798		
	10 m	3	21.9	494		
	20 m	3	36.7	535		
	30 m	3	45.3	621		
	40 m	3	55.1	620		
	Total	21	28.7	16.2		

Keterangan : N= jumlah sampel. SD=standar deviasi. *Superscript* yang sama menunjukkan beda tidak bermakna dari hasil uji Tukey

3.3.2 Fibroblas

Faktor	Kelompok	N	Rata-rata	SD	Anova	
					Hasil	Kesimpulan

Wa ktu	K -	3	9.35	365	Tukey F=437. 924 p=0.00 0	Beda berma kna
	C	3	25.2	557		
	LED	3	24.4	490		
	10 m	3	23.2	430		
	20 m	3	24.1	451		
	30 m	3	26.1	355		
	40 m	3	26.8	745		
Total	2	22.78	5.753			
	1	86	73			

Keterangan : N= jumlah sampel. SD=standar deviasi. *Superscript* yang sama menunjukkan beda tidak bermakna dari hasil uji Tukey

Pada kolom Sig. diperoleh nilai P (P-value) = 0.000. Dengan demikian pada taraf nyata = 0.05, menolak Ho, sehingga kesimpulan yang didapatkan adalah ada perbedaan yang bermakna rata-rata persentase kolagen berdasarkan ketujuh kelompok perlakuan tersebut.




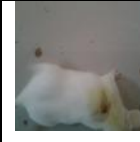

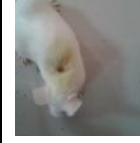

Karena hasil uji Anova menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna, maka uji selanjutnya adalah melihat kelompok perlakuan mana saja yang berbeda. Hasil Test of Homogeneity of Variances menunjukkan varian sama, maka uji lanjut yang digunakan adalah uji LSD. Dari tabel Post Hoc Test di atas memperlihatkan bahwa seluruh kelompok menunjukkan adanya perbedaan rata-rata persentase kolagen (ditandai dengan tanda bintang "*").


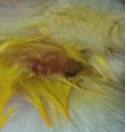
Pada kolom Sig. diperoleh nilai P (P-value) = 0.000. Dengan demikian pada taraf nyata = 0.05, menolak Ho, sehingga kesimpulan yang didapatkan adalah ada perbedaan yang bermakna rata-rata persentase fibroblas berdasarkan ketujuh kelompok perlakuan tersebut.

Karena hasil uji Anova menunjukkan adanya perbedaan yang bermakna, maka uji selanjutnya adalah melihat kelompok perlakuan mana saja yang berbeda. Hasil Test of Homogeneity of Variances menunjukkan varian sama, maka uji lanjut yang digunakan adalah uji LSD.

Dari tabel Post Hoc Test di atas memperlihatkan bahwa seluruh kelompok menunjukkan adanya perbedaan rata-rata persentase fibroblas (ditandai dengan tanda bintang "*").

3.4 Makroskopik

Hari	Panjang Luka Mencit Dalam Cm					
	1	2	3	4	5	6
K -	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,4-1,9 cm	 1,3-1,7 cm	 1-1,4 cm	 0,8-1,1 cm
K. C	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,4-1,8 cm	 1,2-1,5 cm	 0,8-1,2 cm	 0,4-0,8 cm
K.LB	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,4-1,8 cm	 1,2-1,6 cm	 0,8-1,2 cm	 0,4-0,8 cm
K.LB.C10 menit	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,4-1,8 cm	 1,1-1,4 cm	 0,6-0,9 cm	 0,3-0,5 cm
K.LB.C20 menit	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,3-1,8 cm	 1,1-1,4 cm	 0,6-0,9 cm	 0,3-0,5 cm
K.LB.C30 menit	 1,5-2 cm	 1,5-2 cm	 1,3-1,8 cm	 1,1-1,4 cm	 0,6-0,8 cm	 0,1-0,3 cm

K.LB.C 40 menit						
	1,5-2 cm	1,5-1,9 cm	1,3-1,6 cm	1-1,3 cm	0,4-0,7 cm	0,2-luka sembuh

Gambar 5.4 Panjang luka mencit pada setiap sampel kontrol dari hari pertama sampai hari keenam.

Kelompok perlakuan hari (1) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, dan 40 menit panjang luka mencit sama 1,5-2 cm, perlakuan hari (2) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit panjang luka mencit 1,5-1,9 cm, perlakuan hari (3) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit panjang luka mencit sekitar 1,3-1,9 cm, perlakuan hari (4) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan Curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit panjang luka mencit sekitar 1-1,7 cm, perlakuan hari (5) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan Curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit panjang luka mencit sekitar 0,4-1,4 cm dan perlakuan hari (6) kontrol negatif, LED, Curcumin, LED dengan Curcumin 10 menit, 20 menit, 30 menit, 40 menit panjang luka mencit sekitar 0,8- Sembuh.

3.5 Dosis Energi yang digunakan dalam pengobatan fotodinamik untuk beberapa kali paparan

$$ABS = \log \frac{1}{T} \tag{1}$$

$$2.347 = \log \frac{1}{T}, T = 4,764 \times 10^{-4}$$

Jadi penyerapan curcumin di% = $(1 - 4,764 \times 10^{-4}) \times 100\% = 99,95\%$. Dari hasil ini dosis energi pengobatan photodynamic dapat dihitung untuk berbagai paparan kali. Dosis energi didefinisikan sebagai waktu penyerapan persentase x daya x paparan / luas penampang. Tabel menunjukkan dosis energi yang dihitung untuk berbagai paparan kali.

Table 3.5 dosis energy pada pengobatan fotodinamik

Panjang gelombang (nm)	absorbansi	Power (mW)	Area (cm ²)	Waktu (s)	Dosis energi (J/cm ²)
450-470	99,95%	100	2	10	30
nm		mW	cm ²	20	60
				30	90
				40	120

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan maka dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan uji makroskopik Curcumin dengan paparan LED biru dapat digunakan sebagai alternatif penyembuhan dilihat dari setelah dilakukan perlakuan selama 6 hari, luka mencit dengan kelompok kontrol curcumin dengan LED 40 menit sudah mengalami penyembuhan.
2. Dosis energi optimum dalam proses fotosensitizer curcumin dengan paparan LED biru untuk infeksi luka pada mencit yaitu kontrol aktif curcumin dengan LED biru 40 menit.
3. berdasarkan uji HPA kelompok kontrol curcumin dengan LED 40 menit terdapat paling banyak jumlah kolagen 55, 17% dan fibroblas 26, 85%.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan beberapa saran yang perlu dilakukan untuk melengkapi dan pengembangan penelitian ini, yaitu

1. Karakteristik fotosensitizer curcumin melalui pengukuran untuk pemberian pada mencit secara in vivo.
2. Karakteristik serapan cahaya LED biru pada bahan aktif fotosintesisizer (curcumin), untuk konsentrasi larutan curcumin yang berbeda.
3. Karakteristik tingkat serapan cahaya LED biru pada berbagai varietas curcumin (ekstrak)

DAFTAR PUSTAKA

- Chattopdhyay, I., Biswas, K., Bandyopdhyay, U., dan Banerje, K.R. 2004. Turmeric and Curcumin: Biological Actions And Medicinal Applications. *Current Science* 87(1): 44-53
- DEPKES RI (2007), Pedoman Manajerial Pencegahan Dan Pengendalian Infeksi Di Rumah Sakit dan Fasilitas Kesehatan Lainnya, Jakarta
- Dowshen, et al. 2002. *Staphylococcus aureus*. <http://ud.ac.id/primahapsa/files/2012/06/jtptunimus-gdl-primahapsa-5337-1-bab1.pdf>.
- Grossweiner LI, 2005. *The Science of Phototherapy: An Introduction*. Springer: USA.
- Hamblin MR, Hasan T, 2004. Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease? *J of Photochemical and Photobiology*, 3: 436-450.
- Hegge, A.B., Nielsen, T.T., Larsen, K.L., Bruzell, E., Tønnesen, H.H., 2011. Impact of curcumin supersaturation in antibacterial photodynamic therapy (aPDT) –effect of cyclodextrin type and amount. *Studies on curcumin and curcuminoides XLV. J. Pharmacology. Sci.* <http://dx.doi.org/10.1002/jps>. 23046.
- Hegge, A.B., Schuller, R.B., Kristiansen, S., Tønnesen, H.H., 2008. In vitro release of curcumin from vehicles containing alginate and cyclodextrin. *Studies of curcumin and curcuminoides XXXIII. Pharmazie* 63, 585–592.
- Jawetz, Melnick, Alderberg's, 2001. *Medical Microbiology*, McGraw-Hill Companies Inc. 22nd edition, 235-23.
- M. Wainwright, "Photodynamic antimicrobial chemotherapy (PACT)," *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, vol. 42, no. 1, pp. 13–28, 1998.
- Niemz, Markolf H. 2007. *Laser-Tissue Interactions Fundamentals and Applications Third, Enlarged Edition*. Germany: Springer.
- Papageorgiu P et al., 2000. Phototherapy with Blue (415 nm) and Red (660 nm) Light in The Treatment of Acne Vulgaris, *British Journal of Dermatology*.
- Prasad, Paras N. 2003. *Introduction To Biophotonics*. New Jersey: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- T. Dai, Y.Y. Huang, M.R. Hamblin, Photodynamic therapy for localized infections – state of the art, *Photodiag. Photodyn. Ther.* 6 (2009) 170–188.
- Utama, H. W. (2006). *Infeksi nosokomial*. Jakarta.
- Wainwright M, 2009. *Photosensitizers in Biomedicines*, John Willey & Sons Ltd.
- WHO (2004). *Prevention of Hospital Acquired Infection, A Practical Guide*, 2 <http://www.who.int/research/en/emc>, diperoleh 19 maret 2009) nd Edition.
- Y. Jiang, A. W. Leung, X. Wang, H. Zhang, and C. Xu, "Effect of photodynamic therapy with hypocrellin B on apoptosis, adhesion, and migration of cancer cells," *International Journal of Radiation Biology*, 2014.
- Y. Jiang, A. W. Leung, X. Wang, H. Zhang, and C. Xu, "Inactivation of *Staphylococcus aureus* by photodynamic action of hypocrellin B," *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, vol. 10, no. 4, pp. 600–606, 2013.