

Editorial in Chief

Name

Prof. Sutiman Bambang Sumitro, SU., D.Sc.

Date of Birth

Mar 11, 1954

Position

Editor-in-Chief Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches and Professor

Office Address

Department of Biology Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, Malang, 65145, East Java, Indonesia.

E - Mail

sutiman@ub.ac.id

For more information download this [pdf](#)

Managing Editor

Name

Romaidi, Ph.D

Date of Birth

Feb 01, 1981

Position

Managing Editor Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches Indonesia and Lecturer

Office Address

Department of Biology, Faculty of Sciences and Technology, Islamic State University of Malang, East Java, Indonesia

E - Mail

romaidi_06@yahoo.com

For more information download this [pdf](#)

Date of Birth

Aug 16,1993

Position

Managing Editor, Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches Indonesia

Office Address

Jalan Surakarta 5, Malang 65114, East Java, Indonesia

E - Mail

wilda.nisa@gmail.com

For more information download this [pdf](#)

Name

Hadiatullah, S.Si

Date of Birth

Aug 16,1993

Position

Managing Editor, Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches Indonesia

Office Address

Jalan Surakarta 5, Malang 65114, East Java, Indonesia

E - Mail

hadiatullah93@yahoo.co.id

For more information download this [pdf](#)

Editorial Member

Name

Dr. Bagyo Yanuwiadi

Date of Birth

Jan 18,1960

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches and Associate Professor

Office Address

Department of Biology Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Brawijaya University, Malang, 65145, East Java, Indonesia.

For more information download this [pdf](#)

Name

Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc

Date of Birth

Apr 05,1955

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches and Professor

Office Address

Biology Department, Faculty of Science and Technology, Airlangga University, Jalan Mulyorejo Kampus C Surabaya 60115, Indonesia

E - Mail

bamir1955@yahoo.co.id

For more information download this [pdf](#)

Name

Dr. Akira Kikuchi

Date of Birth

Aug 02,1971

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches and Associate Professor

Office Address

Department Environmental Technology, and Institute of Environmental and Water Resource Management (IPASA), Universiti Teknologi Malaysia. 81310, Skudai, Johor, Malaysia.

E - Mail

akira@utm.my

For more information download this [pdf](#)

Name

Widodo, S.Si, M. Si, Ph. D Med Sc.

Date of Birth

Aug 11,1973

Position

Office Address

Department of Biology Faculty of Mathematics and Natural Sciences,
Brawijaya University, Malang, 65145, Indonesia.

E - Mail

widodo@ub.ac.id

For more information download this [pdf](#)

Name

Prof. Fatchiyah, Ph.D.

Date of Birth

Nov 27, 1963

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological
Researches, Professor and Director of Lab Biosains UB

Office Address

Department of Biology Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Brawijaya University, Malang 65145, East Java, Indonesia

E - Mail

fatchiya@ub.ac.id; fatchiya@gmail.com

For more information download this [pdf](#)

Name

Prof. Intan Ahmad, Ph.D.

Date of Birth

May 01, 1958

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological
Researches, Professor

Office Address

School of Life Sciences and Technology, Bandung Institute of
Technology, Jalan Dipati Ukur 4 Bandung, Indonesia

E - Mail

intan@sith.itb.ac.id

For more information download this [pdf](#)

Name

D E F I N I T I O N M O M O

Position

Editorial Member Berkala Penelitian Hayati Journal of Biological Researches and Associate Professor

Office Address

Faculty of Biology, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia

E - Mail

endsemi@ugm.ac.id

For more information download this [pdf](#)

Berkala Penelitian Hayati
Journal of Biological Researches



Published by The East Java Biological Society Jalan Surakarta No 5, Malang, East Java 65114, Indonesia

☎ +62 341 570631

✉ berkalahayati@yahoo.com / jbiolresearches@gmail.com



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](#).

Biology Departments

Universitas Muhammadiyah Malang

Universitas Brawijaya

UIN Maliki Malang

Universitas Islam Malang

Universitas Airlangga

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Universitas Gadjah Mada

IKIP PGRI Madiun

Universitas Jember

Universitas Negeri Malang

Institut Teknologi Bandung

1997

1996

1995

VOL 16, NO 2 (2011) : VOL 17, NO 1 (2011) :

KOMPOSISI KIMIA DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI MINYAK KEMANGI *Ocimum americanum* L TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli* *Shigella sonnei* DAN *Salmonella enteritidis*

Asep Kadarohman, Gebi Dwiyanti, Yuni Anggraeni, Lela Lailatul Khumaisah

Jun 23, 2011

EKOSISTEM TERUMBU KARANG DAN KONDISI OSEANOGRAFI PERAIRAN KAWASAN WISATA BAHARI LOMBOK

Muhlis Muhlis

Jun 23, 2011

POLA PEWARISAN SIFAT DAYA HASIL KACANG TANAH HASIL PERSILANGAN cv KELINCI DAN US 605 DALAM KONDISI TERCEKAM KEKERINGAN

Adisyahputra, Sudarsono, K. Setiawan

May 29, 2012

SKRINING UNTUK TOLERANSI TERHADAP STRES KEKERINGAN PADA 36 VARIETAS KEDELAI PADA FASE PERKECAMBAHAN

Wahyu Widoretno

May 29, 2012

POTENSI PHOTODINAMIK INAKTIVASI *Staphylococcus aureus* DAN *Vibrio cholerae* DENGAN ENDOGEN PHOTOSENSITIZER PADA PENYINARAN LED BIRU 430 ± 4 nm DAN MERAH 629 ± 6 nm

Suryani Dyah Astuti, Djoni Izak R, Niâ€™matuzahroh, Suhariningsih, M. Zainuddin

May 29, 2012

DIVERSITAS GASTROPODA DI SUNGAI SUKAMADE TAMAN NASIONAL MERU BETIRI JAWA TIMUR

Putut R. Purnama, Nimas W. Nastiti, Melia E. Agustin, Moch. Affandi

May 29, 2012

EFFECTS OF BIOFERTILIZER CONTAINING MICROBIAL OF NFIXER P SOLUBILIZER AND PLANT GROWTH FACTOR PRODUCER ON CABBAGE BRASSICA OLERACEAE VAR CAPITATA GROWTH AND SOIL ENZYMATIC ACTIVITIES: A GREENHOUSE TRIAL

Sarjiya Antonius, Dwi Agustiyani

May 29, 2012

DETERMINASI AKTIVITAS ENZIM I IDASE DARI RUMAH KEI ADA SEI AMA DEPTI INASANI

MORFOGENESIS PADA DAUN TANGKAI DAUN DAN RUAS BATANG KENTANG HITAM
Solenostemon rotundifolius POIR JK MORTON SECARA IN VITRO

Aryani Leksonowati, Witjaksono

May 29, 2012

BIOPRODUKSI FLOROGLUSINOL OLEH JAMUR ENDOFIT COELOMYCETES AFASF3
YANG DIISOLASI DARI TUMBUHAN *Archangelesia flava* L MERR

Yuliasri Jamal, Praptiwi, Ahmad Fathoni, Andria Agusta

May 29, 2012

KAJIAN PRAKLINIS PEMBERIAN ORAL BUBUK KERINGBEKU SUSU KEDELAI YANG
DIFERMENTASI OLEH *Lactobacillus plantarum* AP1 DAN *Sphingobacterium* SP TB17
PADA TIKUS

Achmad Dinoto, Rita Dwi Rahayu, Sri Purwaningsih

May 29, 2012

KOMPOSISI KIMIA DAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI MINYAK ATSIRI *Piper gibbilimum* C
DC: PIPERACEAE

Praptiwi, Yuliasri Jamal, Ahmad Fathoni, Ary P. Keim

May 29, 2012

PEMEKATAN EKSOPOLISAKARIDA EPS DARI KULTUR BAKTERI USUS DALAM
BIOMASSA SAGU *Metroxylon* SP MELALUI MODUL MEMBRAN ULTRAFILTRASI
CROSSFLOW UFCF

Agustine Susilowati, Aspiyanto, Achmad Dinoto

May 29, 2012

KEANEKARAGAMAN BAKTERI PENGHASIL EKSOPOLISAKARIDA ASAL SALURAN
CERNA MANUSIA

Achmad Dinoto, Sugiyono Saputra, Agustinus Joko Nugroho, Rita Dwi Rahayu

May 29, 2012

PENGARUH PUPUK ORGANIK HAYATI YANG MENGANDUNG MIKROBA BERMANFAAT
TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL PANEN TANAMAN SEMANGKA SERTA SIFAT
BIOKIMIA TANAHNYA PADA PERCOBAAN LAPANGAN DI MALINAUKALIMANTAN TIMUR

Sarjiya Antonius Dwi Agustiyani

May 29, 2012

Berkala Penelitian Hayati (Journal of Biological Researchers)

eISSN : 2337-389X | pISSN : 2337-389X

Perhimpunan Biologi Indonesia (PBI) Cabang Jawa Timur



S2

Sinta Score

15

H-Index

14

H5-Index

1189

Citations

900

5 Year Citations

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/313843853>

Potensi Photodinamik Inaktivasi *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholerae* dengan Endogen Photosensitizer pada Penyinaran Led Biru (430 ± 4) nm dan Merah (629 ± 6) nm

Article · December 2011

DOI: 10.23869/bphjbr.16.2.20115

CITATIONS

0

READS

51

5 authors, including:



Suryani Astuti

Airlangga University

36 PUBLICATIONS 38 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Ni'matuzahroh Ni'matuzahroh

Airlangga University

52 PUBLICATIONS 143 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



ratna wahyuni [View project](#)



Antimicrobial Photodynamic Therapy [View project](#)

POTENSI PHOTODINAMIK INAKTIVASI *Staphylococcus aureus* DAN *Vibrio cholerae* DENGAN ENDOGEN PHOTOSENSITIZER PADA PENYINARAN LED BIRU (430 ± 4) nm DAN MERAH (629 ± 6) nm

Suryani Dyah Astuti*, Djoni Izak R*, Ni'matuzahroh*, M. Zainuddin**, Suhariningsih*

*Departemen Fisika Fsaintek Universitas Airlangga

**Fakultas Farmasi Universitas Airlangga

Kampus C Unair Jl. Mulyorejo Surabaya

E-mail: suryanidyah@yahoo.co.id

ABSTRAK

Photodynamic Inactivation (PDI) is bacteria inactivation method with using light and bacteria porphyrin photosensitizer. The combination of light and photosensitizer with suitable spectrum can promote photosensitization process and then cause bacteria photodamage. This research was laboratory experiment, to analyze photodamage potency of Gram positive bacteria Staphylococcus aureus and Gram negative Vibrio cholera with combination of endogen photosensitizer and LED exposure (blue LED (430 ± 4) nm and red LED (629 ± 6) nm)) on Pulse Width Modulation (PWM) 75% and time duration 30 minutes. The viability of bacteria had been counted after 48 hours incubation on temperature 37°C by using Total Plate Count (TPC). Result of this research showed that blue LED exposure (430 ± 4) nm had potency to decrease 70% Staphylococcus aureus and 50% Vibrio cholera bacteria colony forming unit. Red LED (629 ± 6) nm exposure decreased 22% dan 3% colony forming unit. So blue LED exposure had big potency to bacteria inactivate.

Key words: blue and red LED exposure, Photodynamic Inactivation, porphyrin photosensitizer, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*

PENGANTAR

Staphylococcus aureus adalah bakteri Gram positif, berbentuk bola dengan garis tengah sekitar 1 μm , tersusun dalam kelompok tak beraturan yang nampak seperti sekumpulan anggur jika dilihat dengan mikroskop. *Vibrio cholerae* merupakan bakteri Gram negatif berbentuk batang bengkok yang tumbuh dalam media aerob pada suhu optimum pertumbuhan $18\text{--}37^{\circ}\text{C}$. Kedua bakteri memiliki dinding sel yang mengandung dua komponen utama, yaitu peptidoglikan dan asam teikhoat (Jawetz *et al.*, 2001). Metode inaktivasi pada bakteri umumnya menggunakan antibiotik (Juanda, 2005), namun penggunaan yang tidak tepat dalam jangka waktu lama menyebabkan bakteri menjadi resisten (James, 2007), sehingga perlu dicari metode alternatif yang bersifat efektif dan selektif membunuh bakteri. *Photodynamic Inactivation (PDI)* merupakan bagian dari photodinamik terapi untuk aplikasi pada mikroba (Hamblin dan Hasan, 2004). Kombinasi cahaya dan photosensitizer tertentu pada PDI akan menyebabkan kerusakan (*photodamage*) dan inaktivasi pada bakteri.

Secara alamiah beberapa bakteri menghasilkan endogen porphyrin *photosensitizer* sebagai molekul penyerap cahaya (Kennedy dan Pottier, 1992). Nitzan *et al.* (2004) melaporkan bahwa porphyrin utama pada strain bakteri

Gram positif *Staphylococci* adalah jenis *coproporphyrin* (68,3–74,6%) dan strain bakteri Gram negatif *Bacillus cereus* jenis porphyrin utamanya adalah *uroporphyrin* (75,8%). Spektrum serap dari masing-masing jenis porphyrin bersifat spesifik. Untuk kebanyakan jenis *porphyrin*, absorpsi terjadi pada daerah cahaya tampak dengan panjang gelombang 400–750 nm (Juzenas, 2002). *Uroporphyrin III* dan *Coproporphyrin III* mempunyai kemampuan optimal menyerap cahaya pada panjang gelombang cahaya biru (407–450) nm (Nitzan dan Ashkenazi, 2001).

Sumber cahaya yang memiliki rentang spektrum absorpsi *porphyrin photosensitizer* antara lain LED (*Light-emitting diode*). LED merupakan semikonduktor kompleks yang dapat mengkonversi secara efisien energi listrik menjadi cahaya (Schubert, 2006), menghasilkan sejumlah kecil panas dalam cahaya yang ditimbulkan, memiliki *life time* yang lama dan dapat dimodulasi dengan kecepatan tinggi (Ross, 1979). LED menghasilkan cahaya dengan berbagai warna. Warna cahaya yang diemisikan oleh LED bergantung pada komposisi material semikonduktor yang digunakan, baik infra merah, cahaya tampak maupun ultraviolet.

Hasil penelitian Papageorgiou *et al.* (2000) menunjukkan bahwa penyinaran cahaya yang memiliki spektrum

panjang gelombang yang sesuai dengan spektrum serap *photosensitizer* bakteri dengan dosis energi penyinaran yang tepat dapat menimbulkan *photodamage* pada bakteri. Spektrum serap porphyrin type *photosensitizer* berada pada panjang gelombang 400–450 nm (Papageorgiou *et al.*, 2000). Mekanisme *photodamage* pada bakteri melibatkan proses fotosensitisasi, yaitu proses penyerapan cahaya oleh suatu molekul *photosensitizer* yang bersifat peka terhadap cahaya yang selanjutnya mengaktivasi reaksi dalam suatu substrat. Fotosensitisasi bergantung pada jenis dan kuantitas dari *porphyrin* yang berperan sebagai molekul pengabsorpsi cahaya (Nitzan *et al.*, 2004) dan kesesuaian spektrum cahaya dengan spektrum absorpsi *photosensitizer* (Papageorgiou, 2000).

Mekanisme fotosensitisasi meliputi penyerapan cahaya (proses photofisika) dan aktivasi molekul porphyrin *photosensitizer* bakteri, diikuti reaksi fotokimia yang menghasilkan berbagai spesies oksigen reaktif. Produk radikal ini menyebabkan *photodamage* bakteri karena kerusakan membran sitoplasmik, berupa kebocoran isi sel atau inaktivasi sistem transport membran dan enzim pada sel bakteri tersebut (Hamblin dan Hasan, 2004).

Hasil penelitian Astuti *et al.* (2009) menghasilkan instrumen LED biru 454 nm yang dapat digunakan untuk inaktivasi bakteri *Staphylococcus aureus* secara *in vitro*. Penelitian ini bertujuan menguji potensi *photodamage* bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholerae* dengan penyinaran LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm PWM 75% 30 menit.

BAHAN DAN CARA KERJA

Sampel penelitian adalah bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 6538P dan kultur murni bakteri *Vibrio cholerae* koleksi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Bahan dan peralatan laboratorium yang digunakan adalah garam fisiologis, *Nutrient Broth* (Pronadisa), *Staphylococcus* agar (Pronadisa), media *TCBS* (*Thiosulphate Citrate Bile Sucrose*) (Oxoid), seperangkat alat sterilisasi, kultur, dan penghitungan bakteri yaitu, otoklaf, laminar, shaker inkubator, spektroskopi UV-Vis dan *Quebec Colony Counter*.

Peralatan Penyinaran

Peralatan penyinaran adalah instrumen sumber cahaya LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm untuk penyinaran bakteri secara *in vitro* yang dilengkapi dengan mikrokontroler tipe AVR 8535 untuk pengaturan lama waktu penyinaran dan daya LED, motor servo merk Parallax Continuous yang memutar holder sampel untuk

meratakan penyinaran, sensor suhu tipe LM 35 untuk mengendalikan suhu ruang tetap konstan serta display LCD untuk menampilkan PWM penyinaran, timer sesuai dengan input lama waktu yang diberikan, dan suhu ruangan yang dideteksi oleh sensor suhu.

Pertumbuhan Bakteri

Bakteri ditumbuhkan pada media *Nutrien Broth* steril selama 18 jam pada shaker inkubator temperatur 37° C. Sebanyak 2 ml kultur diencerkan 50 kali dengan larutan garam fisiologis steril sampai diperoleh nilai absorbansi $A_{600} = 0,40-0,46$. Selanjutnya 2 ml suspensi tiap sampel bakteri dimasukkan dalam cawan plastik steril diameter 3,5 cm, siap untuk disinari.

Penyinaran Bakteri dengan LED

Cawan petri berisi bakteri diletakkan pada holder sampel. Jarak antara LED dengan cawan dibuat tetap, yaitu 2 cm. Penyinaran LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm dilakukan pada PWM 75% dan lama waktu penyinaran 30 menit. Replikasi untuk kelompok penyinaran dilakukan 10 kali, disertai dengan kelompok kontrol tanpa penyinaran. Selanjutnya bakteri ditumbuhkan pada media *Staphylococcus* Agar untuk *Staphylococcus aureus* dan media *TCBS* untuk bakteri *Vibrio cholerae*.

Penghitungan Jumlah Koloni Bakteri

Penghitungan jumlah koloni bakteri yang tumbuh dengan metode pencawan (*Total Plate count*) menggunakan *Quebec Colony Counter*. Persentase penurunan jumlah koloni bakteri yang tumbuh: $(\Sigma \text{koloni perlakuan} - \Sigma \text{koloni kontrol}) / \Sigma \text{koloni kontrol} \times 100\%$

Analisis Statistik

Analisis data menggunakan analisis statistik SPSS (*Statistical Package For Social Science*) berupa uji T dua sampel bebas, untuk mengetahui perbedaan penyinaran dengan LED biru dan merah.

HASIL

Pengukuran performansi LED menghasilkan panjang gelombang LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm dengan alat ukur Wavelength Meter SR 530 Stanford Research System Inc. dan kalibrator He-Ne laser 543 nm Newport 81I. Pengukuran performansi alat pengukur temperatur dengan kalibrator termometer digital *Atech Thermo* L87AD menghasilkan nilai $R^2 = 0,9995$ dan lama waktu penyinaran dengan kalibrator Stopwatch Digital Enko Sport Timer menghasilkan nilai $R^2 = 1$.

Pengukuran intensitas daya penyinaran LED menghasilkan daya penyinaran yang berada pada rentang mW. Data jumlah koloni bakteri yang tumbuh ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Data jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* pada penyinaran LED biru dan merah daya PWM 75% dan waktu penyinaran 30 menit

No	Koloni Bakteri (CFU/ml)			% penurunan CFU	
	kontrol	Treatmen biru	Treatmen merah	Treatmen biru	Treatmen merah
1	225	65	175	71,62	23,8
2	228	69	180	69,33	20
3	231	72	185	68,42	18,86
4	216	64	186	72,29	19,48
5	245	68	177	68,52	18,06
6	237	70	179	71,43	26,94
7	243	77	188	67,51	20,68
8	223	67	171	72,43	29,63
9	237	73	176	67,26	21,08
10	225	66	184	72,15	22,37
Rerata	231,4	69	180	70,10	23,58

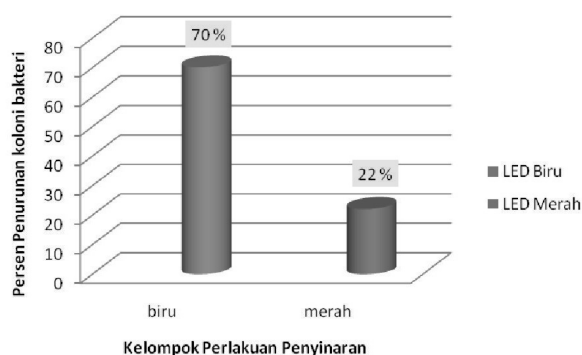
Tabel 2. Data jumlah koloni bakteri *Vibrio cholerae* pada penyinaran LED biru dan merah daya PWM 75% dan waktu penyinaran 30 menit

No	Koloni bakteri (CFU/ml)			% penurunan CFU	
	kontrol	Treatmen biru	Treatmen merah	Treatmen biru	Treatmen merah
1	108	54	104	50	3,74
2	115	55	113	52,17	1,74
3	112	58	108	48,21	3,57
4	111	57	109	48,65	1,80
5	109	53	104	51,38	4,59
6	108	54	106	50	1,85
7	114	52	108	54,39	5,26
8	112	56	110	50	1,79
9	113	56	110	50,44	2,66
10	109	58	106	46,79	2,75
Rerata	111	55	109	50,20	2,97

Pada output Independent Samples Test menunjukkan bahwa data persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholerae* memiliki variansi homogen yang ditunjukkan pada *Levene's test for equality of variances*. Sedangkan hasil uji *t-test* menunjukkan adanya perbedaan antara penyinaran dengan LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm terhadap pertumbuhan jumlah koloni bakteri.

Diagram persentase penurunan jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada penyinaran LED biru (430 ± 4) nm dan

merah (629 ± 6) nm dengan daya PWM 75% dan waktu penyinaran 30 menit ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Diagram persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* yang tumbuh pada penyinaran LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm



Gambar 2. Diagram persentase penurunan jumlah koloni bakteri *Vibrio cholerae* yang tumbuh pada penyinaran LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm

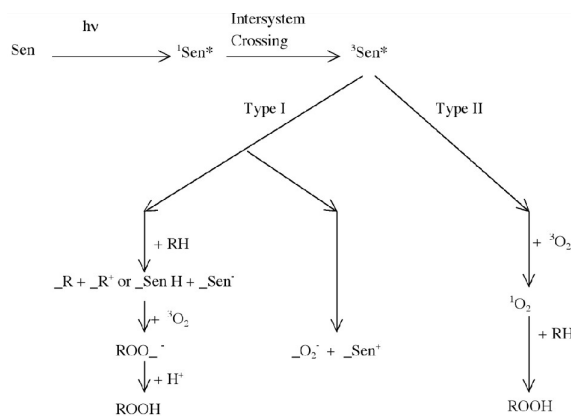
PEMBAHASAN

Hasil pengukuran performansi instrumen sumber cahaya LED biru (430 ± 4) nm dan merah (629 ± 6) nm yang meliputi uji ketepatan dan ketelitian alat pengukur temperatur dan lama waktu penyinaran pada instrumen LED diperoleh nilai $R^2 = 1$ untuk lama waktu penyinaran dan $R^2 = 0.9995$ untuk pengukur temperatur, yang berarti bahwa alat pengukur temperatur dan lama waktu penyinaran pada instrumen LED yang dirancang memiliki ketepatan dengan kalibrator. Interaksi fotokimia pada fotodinamik terjadi pada durasi waktu paparan > 1 s dengan rapat daya berada pada rentang mW (Niemz, 2007). Instrumen LED yang dirancang telah memenuhi persyaratan untuk terjadinya mekanisme fotodinamik pada bakteri.

Hasil *t-test* menunjukkan bahwa penyinaran dengan LED biru (430 ± 4) nm berbeda nyata dengan penyinaran

LED merah (629 ± 6) nm. LED biru menghasilkan penurunan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholera* yang sebesar 70% dan 50%, lebih besar jika dibandingkan dengan penyinaran LED merah yang menurunkan jumlah koloni bakteri 22% dan 5%. Jadi penyinaran LED biru berpotensi *photodamage* untuk bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholera*. Hal ini sesuai dengan penelitian Papageorgio *et al.* (2000), Askhenazi *et al.* (2003), dan Bonaficio (2006) yang menunjukkan bahwa Pita Soret, pita absorpsi yang intens untuk porphyrin pada range 390 – 430 nm. Iluminasi dengan cahaya biru menyebabkan kerusakan sel secara efisien (Nitzan *et al.*, 2004).

Mekanisme *photodamage* bakteri pada photodinamik inaktivasi bakteri melibatkan proses fotosensitisasi, yaitu proses penyerapan cahaya oleh porphyrin yang selanjutnya mengaktifkan reaksi dalam suatu substrat. Saat penyinaran cahaya, peristiwa yang berlangsung pertama kali adalah absorpsi foton cahaya oleh molekul porphyrin (Grossweiner, 2005). Peristiwa absorpsi primer berlangsung sangat cepat (sekitar 10^{-15} s) diikuti dengan eksitasi molekul dari level vibrasional dalam keadaan dasar singlet elektronik S_0 ke salah satu level vibrasional dalam keadaan eksitasi elektronik ($^1sen^*$). Eksitasi molekul menuju keadaan energi yang lebih tinggi ini tidak stabil sehingga akan kembali ke keadaan dasar, baik secara langsung maupun melibatkan terjadinya reaksi kimia (photokimia) melalui pembalikan spin (*intersystem crossing*) ke tingkat eksitasi triplet ($^3sen^*$). Photokimia merupakan perubahan kimia yang disebabkan oleh cahaya (Coyle, 1991), yang terjadi pada tingkatan molekuler akibat absorpsi oleh foton. Reaksi photokimia yang dimediasi oleh porphyrin paling banyak terjadi dari keadaan triplet tereksitasi. Gambar 3 menunjukkan reaksi photokimia.



Gambar 3. Reaksi photokimia selama PDI, Sen adalah *sensitizer*, ROOH adalah peroksida lipid, 1O_2 adalah singlet oksigen, (Sharman *et al.*, 2000)

Mekanisme reaksi photokimia meliputi: Tipe 1, molekul photosensitif yang tereksitasi secara optis bereaksi secara langsung dengan substrat seperti asam linoleic, membran sel atau molekul, dan mentransfer sebuah proton atau elektron untuk membentuk anion atau kation radikal. Radikal ini selanjutnya akan bereaksi dengan oksigen menghasilkan jenis oksigen reaktif (ROS) (Sharman *et al.*, 2000). Tipe 2, photosensitizer triplet dapat mentransfer energinya secara langsung pada molekul oksigen untuk membentuk oksigen singlet (1O_2) tereksitasi. Beberapa investigasi menunjukkan bahwa mekanisme kerusakan sel oleh cahaya dimediasi oleh eksitasi porphyrin dan reaksi singlet oksigen (Johansen *et al.*, 2003). Singlet oksigen 1O_2 teridentifikasi berpengaruh pada membran sitoplasma dan intraselular, terutama pada fosfolipid, kolesterol dan membran protein (Grossweiner, 2005).

Pada penelitian ini bakteri yang digunakan adalah bakteri Gram positif dan Gram negatif yang memiliki dinding sel yang berbeda sehingga potensi inaktivasi photodinamik juga menghasilkan persentase kematian bakteri yang berbeda. Hal ini sesuai dengan penelitian Hamblin dan Hasan (2004) yang melaporkan bahwa Singlet oksigen 1O_2 menyebabkan kerusakan membran sitoplasma dan mengakibatkan kebocoran isi serta kandungan sel dan menginaktivasi sistem transport membran dan enzim-enzim serta penelitian Nitzan dan Kauffman (1999) yang melaporkan adanya kerusakan sintesis dinding sel dan tampaknya struktur multilamellar dekat septum pembagi sel seiring bocornya ion-ion potasium dari dalam sel dan mengakibatkan kematian sel (Demidova dan Hamblin, 2005).

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Vibrio cholera* dengan endogen photosensitizer berpotensi photodinamik inaktivasi pada penyinaran LED biru (430 ± 4) nm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada DP2M-Dikti Depdiknas yang telah mendanai penelitian ini melalui Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch II tahun 2009.

KEPUSTAKAAN

- Askhenazi, Malik Z, Harth Y, Nitzan, 2003. Eradication of Propionibacterium acnes by Its Endogenic Porphyrin after Illumination with High Intensity Blue Light, *FEMS Immunology and Medical Microbiology*, 35(2203): 17–24.
- Astuti SD, Puspitasari AT, Supriyanto A, 2009. The Optimal Lethal Dose of Blue Light (454 nm) Exposure with Light Emitting

- Diodes (LED) Device in *Staphylococcus aureus* Bacteria, *Second International conference and Workshops on Basic and Applied Sciences & Regional Annual Fundamental Science Seminar*, UTM, Malaysia.
- Bonaficio A, 2006. *Resonance Raman spectroscopy of human cytochrome P450 2D6: in solution and on nanostructured biocompatible metal surfaces*, Vrije Universit.
- Coyle JD, 1991. *Introduction to Organic Photochemistry*, John Wiley Sons: London.
- Demidova dan Hamblin, 2005. Effect of cell-Photosensitizer Binding cell Density on Microbial Photoinactivation, *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49(6): 2329–2335.
- Grossweiner LI, 2005. *The Science of Phototherapy: An Introduction*, Springer: USA.
- Hamblin dan Hasan T, 2004. Photodynamic therapy: a new antimicrobial approach to infectious disease?, *Journal of Photochem & Photobiol, Science*, 3: 436–450.
- James WD, 2007. Acne *nejm*, 49: 218–226.
- Jawetz, Melnick, Alderberg's, 2001. *Medical Microbiology*, McGraw-Hill 22nd ed., 235–23.
- Johansen Y, Widerøe HC, Krane J, Johnsson A, 2003. Proton magic angle spinning NMR reveals new features in photodynamically treated bacteria, *Z. Naturforsch*, 58c: 401–407.
- Juanda A, 2005. *Ilmu Penyakit Kulit dan Kelamin*, Jakarta: FKUI.
- Juzenas P, 2002. *Investigation of Endogenous Photosensitizer Protoporphyrin IX in Hairless Mouse Skin by Means of Fluorescence Spectroscopy*, *Group of Photodynamic Therapy Departement of Biophysics*, Institute for Cancer Research The Norwegian Radium Hospital.
- Kennedy dan Pottier, 1992. Endogenous Porphyrin IX, a clinically useful photosensitizer for photodynamic therapy, *Journal of Photochem & Photobiol. B*. 14: 275–292.
- Niemz MH, 2007. *Laser-Tissue Interaction, Fundamentals and Applications*, Third enlarged edition, Springer-Verlag Berlin.
- Nitzan dan Kauffman, 1999. Endogenous Porphyrin Production in Bacteria by δ -ALA and subsequent Bacterial Photoeradication, *Lasers Med. Sci*, 14: 269–277.
- Nitzan dan Ashkenazi, 2001. Photoinactivation of *Acinetobacter baumannii* and *E. coli* B by a cationic hydrophilic porphyrin at various light wavelengths, *Curr. Microbiol*, 42: 408–414.
- Nitzan, Divon MS, Shporen E, Malik Z, 2004. ALA Induced Photodynamic Effect on Gram Positive and Negative bacteria, *Journal of Photochem. & Photobiol.*, 3: 430–435.
- Papageorgiu, Katsambas, Chu, 2000. Phototherapy with Blue (415nm) and Red (660nm) Light in The Treatment of Acne Vulgaris, *British Journal of Dermatology* 142: 973–97.
- Ross DA, 1979. *Optoelectronic Devices and Optical Imaging Techniques*, The Macmillan Press Ltd, p. 11–19.
- Sharman WM, Allen CM, Van Lier JE, 2000. Role of Activated Oxygen Species in Photodynamic Therapy, in: Packer L, Sies H., editors. *Methods in Enzimology*, vol. 319, New York Academy Press. p. 376–400.
- Schubert E.F., 2006. *Light Emitting Diodes*, 2nd ed., Cambridge University Press, USA.

Reviewer: **Dr. Agung Bambang Setio Utomo, S.U.**