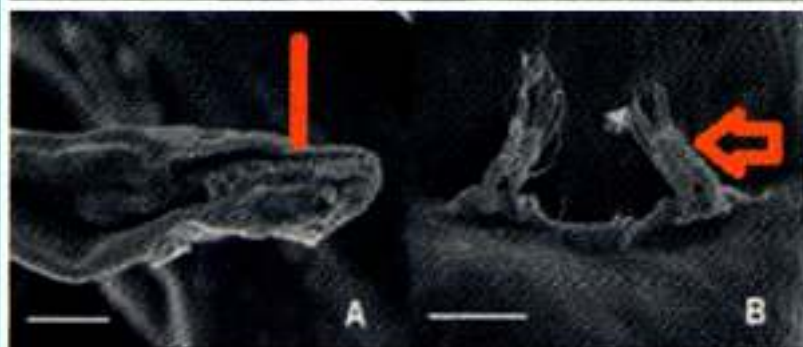
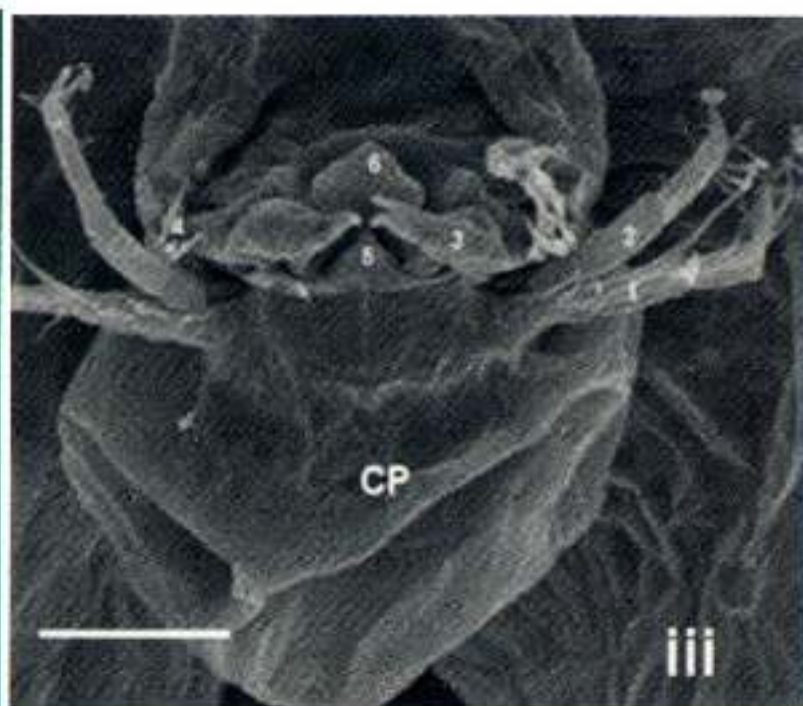


Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian Biologi - LIPI

Berita Biologi merupakan Jurnal Ilmiah ilmu-ilmu hayati yang dikelola oleh Pusat Penelitian Biologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), untuk menerbitkan hasil karya-penelitian (original research) dan karya-pengembangan, tinjauan kembali (review) dan ulasan topik khusus dalam bidang biologi. Disediakan pula ruang untuk menguraikan seluk-beluk peralatan laboratorium yang spesifik dan dipakai secara umum, standard dan secara internasional. Juga uraian tentang metode-metode berstandar baku dalam bidang biologi, baik laboratorium, lapangan maupun pengolahan koleksi biodiversitas. Kesempatan menulis terbuka untuk umum meliputi para peneliti lembaga riset, pengajar perguruan tinggi maupun pekarya-tesis sarjana semua strata. Makalah harus dipersiapkan dengan berpedoman pada ketentuan-ketentuan penulisan yang tercantum dalam setiap nomor.

Diterbitkan 3 kali dalam setahun yakni bulan April, Agustus dan Desember. Setiap volume terdiri dari 6 nomor.

Surat Keputusan Ketua LIPI

Nomor: 1326/E/2000, Tanggal 9 Juni 2000

Dewan Pengurus

Pemimpin Redaksi

B Paul Naiola

Anggota Redaksi

Andria Augusta, Dwi Astuti, Hari Sutrisno, Iwan Saskiawan

Kusumadewi Sri Yulita, Edi Mirmanto

Redaksi Pelaksana

Marlina Ardiyani

Desain dan Komputerisasi

Muhamad Ruslan, Yosman

Sekretaris Redaksi/Korespondensi **Umum**
(berlangganan, surat-menyurat dan kearsipan)

Enok, Ruswenti, Budiarjo

Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Kompleks Cibinong Science Center (CSC-LIPI)

Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46,
Cibinong 16911, Bogor - Indonesia
Telepon (021) 8765066 - 8765067

Faksimili (021) 8765059

e-mail: berita.biologi@mail.lipi.go.id
ksama_p2biologi@yahoo.com
herbogor@indo.net.id

Keteranganfoto cover depart: Cephalothorax semispherical dan bagian tubuh dari *Lernaea cyprinacea*, merupakan ektoparasit ikan yang dieksplorasi dan difoto dengan SEM, sesuai makalah di halaman 807
(Foto: koleksi Kementerian Kelautan dan Perikanan RI dan Universitas Gadjah Mada - Dikry N Shatrie)



LIPI

Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati

ISSN 0126-1754

Volume 10, Nomor 6, Desember 2011

Terakreditasi A

Nomor 180/AU1/P2MBI/08/2009

**Diterbitkan oleh
Pusat Penelitian Biologi - LIPI**

Ketentuan-ketentuan untuk Penulisan dalam Jurnal Berita Biologi

1. Makalah berupa karangan ilmiah asli, berupa hasil penelitian (original paper), komunikasi pendek atau tinjauan ulang (review) dan belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dikirim ke media lain.
2. Bahasa: Indonesia baku. Penulisan dalam bahasa Inggris atau lainnya, dipertimbangkan.
3. Makalah yang diajukan tidak boleh yang telah dipublikasi di jurnal manapun ataupun tidak sedang diajukan ke jurnal lain. Makalah yang sedang dalam proses penilaian dan penyuntingan, tidak diperkenankan untuk ditarik kembali, sebelum ada keputusan resmi dari Dewan Redaksi.
4. Masalah yang diliput berisikan temuan penting yang mengandung aspek 'kebaruan' dalam bidang biologi dengan pembahasan yang mendalam terhadap aspek yang diteliti, dalam bidang-bidang:
 - Biologi dasar (*pure biology*), meliputi turunan-turunannya (mikrobiologi, fisiologi, ekologi, genetika, morfologi, sistematik/ taksonomi dan sebagainya).
 - Ilmu serumpun dengan biologi: pertanian, kehutanan, peternakan, perikanan air tawar dan biologi kelautan, agrobiologi, limnologi, agrobioklimatologi, kesehatan, kimia, lingkungan, agroforestri.
 - *Aspek/pendekatan biologi* harus tampak jelas.
5. Deskripsi masalah: harus jelas adanya tantangan ilmiah (*scientific challenge*).
6. Metode pendekatan masalah: standar, sesuai bidang masing-masing.
7. Hasil: hasil temuan harus jelas dan terarah.
8. Tipe makalah
 - Makalah Lengkap Hasil Penelitian (original paper)*.
Makalah lengkap berupa hasil penelitian sendiri (original paper). Makalah ini tidak lebih dari 15 halaman termasuk gambar dan tabel. Pencantuman lampiran seperlunya. Redaksi berhak mengurangi atau meniadakan lampiran.
 - Komunikasi pendek (short communication)*
Komunikasi pendek merupakan makalah pendek hasil riset yang oleh penelitiannya ingin cepat dipublikasi karena hasil temuan yang menarik, spesifik dan baru, agar lebih cepat diketahui umum. Berisikan pembahasan yang mendalam terhadap topik yang dibahas. Artikel yang ditulis tidak lebih dari 10 halaman. Dalam Komunikasi Pendek Hasil dan Pembahasan boleh disatukan.
 - Tinjauan kembali (Review)*
Tinjauan kembali yakni rangkuman tinjauan ilmiah yang sistematis-kritis secara ringkas namun mendalam terhadap topik riset tertentu. Segala sesuatu yang relevan terhadap topik tinjauan sehingga memberikan gambaran "state of the art" meliputi kemajuan dan temuan awal hingga terkini dan kesenjangan dalam penelitian, perdebatan antarpeleliti dan arah ke mana topik riset akan diarahkan. Perlihatkan kecerdasanmu dalam membuka peluang riset lanjut oleh diri sendiri atau orang lain melalui review ini.
9. Format makalah
 - a. Makalah diketik menggunakan huruf Times New Roman 12 point, spasi ganda (kecuali abstrak dan abstract 1 spasi) pada kertas A4 berukuran 70 gram.
 - b. Nomor halaman diletakkan pada sisi kanan bawah
 - c. Gambar dan foto maksimum berjumlah 4 buah dan harus bermutu tinggi. Gambar manual pada kertas kalkir dengan tinta cina, berukuran kartu pos. Foto berwarna akan dipertimbangkan, apabila dibuat dengan computer harus disebutkan nama programnya.
 - d. Makalah diketik dengan menggunakan program Word Processor.
10. Urutan penulisan dan uraian bagian-bagian makalah
 - a. Judul
Judul harus ringkas dan padat, maksimum 15 kata, dalam dwibahasa (Indonesia dan Inggris). Apabila ada subjudul tidak lebih dari 50 kata.
 - b. Nama lengkap penulis dan alamat koresponden
Nama dan alamat penulis(-penulis) lengkap dengan alamat, nomor telpon, fax dan email. Pada nama penulis(-penulis), diberi nomor superskrip pada sisi kanan yang berhubungan dengan alamatnya; nama penulis korespondensi (*correspondent author*), diberi tanda envelop (E1) superskrip. Lengkapi pula dengan alamat elektronik.
 - c. Abstrak dan Kata kunci

Abstrak dan kata kunci ditulis dalam dwibahasa (Indonesia dan Inggris), maksimum 200 kata, spasi tunggal, tanpa referensi.

- d. Pendahuluan
Berisi latar belakang, masalah, hipotesis dan tujuan penelitian. Ditulis tanpa subheading.
 - e. Bahan dan cara kerja
Apabila metoda yang digunakan sudah baku dan merupakan ulangan dari metoda yang sudah ada, maka hanya ditulis sitiran pustakanya. Apabila dilakukan modifikasi terhadap metoda yang sudah ada, maka dijelaskan bagian mana yang dimodifikasi.
Apabila terdapat uraian lokasi maka diberikan 2 macam peta, peta besar negara sebagai inset dan peta detil lokasi.
 - f. Hasil
Bagian ini menyajikan hasil utama dari penelitian. *Hasil* dipisahkan dari *Pembahasan*
 - g. Pembahasan
Pembahasan dibuat terpisah dari hasil tanpa pengulangan penyajian hasil penelitian. Dalam Pembahasan hindari pengulangan subjudul dari Hasil, kecuali dipandang perlu sekali.
 - h. Kesimpulan
Kesimpulan harus menjawab pertanyaan dan hipotesis yang diajukan di bagian pendahuluan.
 - i. Ucapan Terima Kasih
Ditulis singkat dan padat.
 - j. Daftar pustaka
Cara penulisan sumber pustaka: tuliskan nama jurnal, buku, prosiding atau sumber lainnya secara lengkap, jangan disingkat. Nama inisial pengarang tidak perlu diberi tanda titik pemisah.
 - i. Jurnal
Premachandra GS, H Saneko, K Fujita and S Ogata. 1992. Leaf Water Relations, Osmotic Adjustment, Cell Membrane Stability, Epicuticular Wax Load and Growth as Affected by Increasing Water Deficits in Sorghum. *Journal of Experimental Botany* 43, 1559-1576.
 - ii. Buku
Kramer PJ. 1983. *Plant Water Relationship*, 76. Academic, New York.
 - iii. Prosiding atau hasil Simposium/Seminar/Lokakarya dan sebagainya
Hamzah MS dan SA Yusuf. 1995. Pengamatan Beberapa Aspek Biologi Sotong Buluh (*Sepioteuthis lessoniana*) di Sekitar Perairan Pantai Wokam Bagian Barat, Kepulauan Am, Maluku Tenggara. *Prosiding Seminar Nasional Biologi XI*, Ujung Pandang 20-21 Juli 1993. M Hasan, A Mattimu, JG Nelwan dan M Litaay (Penyunting), 769-777. Perhimpunan Biologi Indonesia.
 - iv. Makalah sebagai bagian dari buku
Leegood RC and DA Walker. 1993. Chloroplast and Protoplast. In: *Photosynthesis and Production in a Changing Environment*. DO Hall, JMO Scurlock, HR Bohlar Nordenkampf, RC Leegood and SP Long (Eds), 268-282. Chapman and Hall. London.
11. Lain-lain menyangkut penulisan
- a. Gambar.
Lebar gambar maksimal 8,5 cm. Judul gambar menggunakan huruf Times New Roman ukuran 8 point.
 - b. Grafik
Untuk setiap perhitungan rata-rata, selalu diberikan standar deviasi. Penulis yang menggunakan program Excell harus memberikan data mentahnya.
 - c. Foto
Untuk setiap foto, harap diberikan skala bila perlu, dan berikan anak panah untuk menunjukkan suatu objek.
 - d. Tabel
Judul tabel harus ringkas dan padat. Judul dan isi tabel diketik menggunakan huruf Times New Roman ukuran 8 point. Seluruh penjelasan mengenai tabel dan isinya harus diberikan setelah judul tabel.
 - e. Gunakan simbol:

- f. Semua nama biologi pada makhluk hidup yang dipakai, pada Judul, Abstrak dan pemunculan pertama dalam Badan teks, harus menggunakan nama yang valid disertai author/descriptor. (Burung Maleo - *Macrocephalon maleo* S. Miiller, 1846; Cendana - *Santalum album* L.), atau yang tidak memiliki nama author *Escherichia coli*. Selanjutnya nama-nama biologi disingkat (*M. maleo*, *S. album*, *E. coli*).
 - g. Proofreading
Proofreading akan dikirim lewat e-mail/fax, atau bagi yang berdinasi di Bogor dan Komplek Cibinong Science Center (CSC-LIPI) dan sekitarnya, akan dikirim langsung; dan harus dikembalikan kepada dewan redaksi paling lambat dalam 3 hari kerja.
 - h. Reprint/ cetak lepas
Penulis akan menerima satu copy jurnal dan 3 reprint/cetak lepas makalahnya.
12. Seluruh makalah yang masuk ke meja redaksi Berita Biologi akan dinilai oleh dewan editor untuk kemudian dikirim kepada reviewer/mitra bestari yang tertera pada daftar reviewer BB. Redaksi berhak menjajagi pihak lain sebagai reviewer undangan.
 13. Kirimkan 2 (dua) eksemplar makalah ke Redaksi (lihat alamat pada cover depan-dalam). Satu eksemplar tanpa nama dan alamat penulis (-penulis)nya. Sertakan juga softcopy file dalam CD untuk kebutuhan Referee/Mitra bestari. Kirimkan juga filenya melalui alamat elektronik (e-mail) resmi Berita Biologi: berita.biologi@mail.lipi.go.id dan di-Cc-kan kepada: ksama_p2biologi@yahoo.com, herbogor@indo.net.id
 14. Sertakan alamat Penulis (termasuk elektronik) yang jelas, juga meliputi nomor telepon (termasuk HP) yang dengan mudah dan cepat dihubungi.

Anggota Referee / Mitra Bestari

Mikrobiologi

Dr Bambang Sunarko (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Prof Dr Feliatra (*Universitas Riau*)
Dr Heddy Julistiono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr I Nengah Sujaya (*Universitas Udayana*)
Dr Joko Sulistyono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Joko Widodo (*Universitas Gajah Mada*)
Dr Lisdar I Sudirman (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Ocky Kama Radjasa (*Universitas Diponegoro*)

Mikologi

Dr Dono Wahyuno (*BB Litbang Tanaman Rempah dan Obat-Kemtan*)
Dr Kartini Kramadibrata (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Genetika

Prof Dr Alex Hartana (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Warid Ali Qosim (*Universitas Padjadjaran*)
Dr Yuyu Suryasari Poerba (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Taksonomi

Dr Ary P Keim (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Daisy Wowor (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Prof (Ris) Dr Johanis P Mogeia (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Rosichon Ubaidillah (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biologi Molekuler

Prof (Ris) Dr Eni Sudarmonowati (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Endang Gati Lestari (*BB Litbang Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian-Kemtan*)
Dr Hendig Winarno (*Badan Tenaga Atom Nasional*)
Prof (Ris) Dr I Made Sudiana (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Nurlina Bermawie (*BB Litbang Tanaman Rempah dan Obat-Kemtan*)
Dr Yusnita Said (*Universitas Lampung*)

Bioteknologi

Dr Nyoman Mantik Astawa (*Universitas Udayana*)
Dr Endang T Margawati (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)
Dr Satya Nugroho (*Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI*)

Veteriner

Prof Dr Fadjar Satrija (*FKH-IPB*)

Biologi Peternakan

Prof (Ris) Dr Subandryo (*Pusat Penelitian Ternak-Kemtan*)

Ekologi

Dr Didik Widyatmoko (*Pusat Konservasi Tumbuhan-LIPI*)
Dr Dewi Malia Prawiradilaga (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Frans Wospakrik (*Universitas Papua*)
Dr Herman Daryono (*Pusat Penelitian Hutan-Kemhumi*)
Dr Istomo (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr Michael L Riwu Kaho (*Universitas Nusa Cendana*)
Dr Sih Kahono (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biokimia

Prof Dr Adek Zamrud Adnan (*Universitas Andalas*)
Dr Deasy Natalia (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Elfahmi (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Herto Dwi Ariesyadi (*Institut Teknologi Bandung*)
Dr Tri Murningsih (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Fisiologi

Prof Dr Bambang Sapto Purwoko (*Institut Pertanian Bogor*)
Prof (Ris) Dr Gono Semiadi (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Irawati (*Pusat Konservasi Tumbuhan-LIPI*)
Dr Nuril Hidayati (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)
Dr Wartika Rosa Farida (*Pusat Penelitian Biologi-LIPI*)

Biostatistik

Ir Fahren Bukhari, MSc (*Institut Pertanian Bogor*)

Biologi Perairan Darat/Limnologi

Dr Cynthia Henny (*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*)
Dr Fauzan Ali (*Pusat Penelitian Limnologi-LIPI*)
Dr Rudhy Gustiano (*Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar-KKP*)

Biologi Tanah

Dr Rasti Saraswati (*BB Sumberdaya Lahan Pertanian-Kemtan*)

Biodiversitas dan Iklim

Dr Rizaldi Boer (*Institut Pertanian Bogor*)
Dr. Tania June (*Institut Pertanian Bogor*)

Biologi Kelautan

Prof Dr Chair Rani (*Universitas Hasanuddin*)
Dr Magdalena Litaay (*Universitas Hasanuddin*)
Prof (Ris) Dr Ngurah Nyoman Wiadnyana (*Pusat Riset Perikanan Tangkap-KKP*)
Dr Nyoto Santoso (*Lembaga Pengkajian dan Pengembangan Mangrove*)

Berita Biologi menyampaikan terima kasih
kepada para Mitra Bestari/ Penilai (Referee) nomor ini
10(6)-Desember 2011

Dr. Chyntia Henny - *Pusat Penelitian Limnologi - LIPI*
Prof. Dr. Feliatra - Universitas Riau
Dr. Dewi Malia Prawiradilaga - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Nuril Hidayati - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Yuyu Suryasari Poerba - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*

Referee/ Mitra Bestari Undangan

Dr. Achmad Dinoto - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Darman M. Arsyad, APU - *Balai Besar Pengkajian &
Pengembangan Teknologi Pertanian - Kementan*
Dr. Diah Iswantini - *FMIPA - IPB*
Dr. Diah Ratnadewi - *FMIPA - IPB*
Drs. Haryono, M.Si - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Iman Hidayat - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Ingrid S. Surono - *Fak. Kedokteran Universitas Indonesia*
Dr. Lazarus Agus Soekamto - *Pusat Penelitian Biologi - LIPI*
Dr. Puspita Lisdiyanti - *Puslit Bioteknologi - LIPI*
Dr. Syahromah Husni Nasution - *Pusat Penelitian Limnologi - LIPI*

DAFTAR ISI

MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)

- KEEFEKTIFAN BAHAN PELINDUNG ALAMI DALAM MEMPERTAHANKAN INFEKTIVITAS *Spodoptera exigua* NUCLEOPOLYHEDROVIRUS (SeNPV)**
 [The Effectiveness of Natural Protectant to Maintain the *Spodoptera exigua* Nucleopolyhedrovirus (SeNPV) Infectivity]
 Samsudin, Teguh Santoso, Aunu Rauf dan Yayi Munara Kusumah_____689
- PENGARUH PEMUPUKAN BEREMBANG TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KENTANG {*Solatum tuberosum* L.} VARIETAS GRANOLA**
 [Effect of Balanced Fertilizer on the Growth and Yield of Potato (*Solatum tuberosum* L.) Granola Variety]
 Syafri Edi dan Endrizal.....699
- KORELASI ANTAR-KARAKTER DAN SIDK LINTAS ANTARA KARAKTER AGRONOMI DENGAN HASIL KEDELAI {*Glycine max* (L.) Merrill}**
 [Correlation Among Characters and Path Analyses Between Agronomic Traits with Grain Yield on Soybean {*Glycine max* (L.) Merrill}]
 Lukman Hakim.....709
- HIDROLISIS KITES MELALUI FERMENTASI SEMI PADAT UNTUK PRODUKSI N-ASETILGLUKOSAMINA**
 [Production of N-acetyl-D-glucosamine by Submerged Fermentation from Chitin]
 Iwan Saskiawan dan Rini Handayani.....721
- SIMTOMATOLOGI DAN WAKTU KEMATIAN RAYAP *Macrotermes gilvus* Hagen (ISOPTERA: FAMILI TERMITIDAE) SETELAH INFEKSI CENDAWAN *Metarhizium brunneum* Petch**
 [Symptomatology and Lethal Time of Termite *Macrotermes gilvus* Hagen (Isoptera: Family Termitidae) after Fungus Infection of *Metarhizium brunneum* Petch]
 Muhammad Sayuthi, Teguh Santoso, Idham Sakti Harahap dan Utomo Kastosuwondo_____729
- REKAYASA EKSPRESI GEN PEMBUNGAAN Hd3a DIBAWAH KENDALI PROMOTER ROL C PADA JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.)**
 [Engineering of Expression of Hd3a Flowering Gene driven by rol C Promoter on Physic nut (*Jatropha curcas* L.)]
 Yohana C Sulistyarningsih, Alex Hartana, Utut Widyastuti, Hamim dan Suharsono.....737
- ANALISIS TINGKAT PENCEMARAN AIR DENGAN METODE INDEKS PENCEMARAN DI TELUK YOUTEFA, JAYAPURA, PROVINSI PAPUA**
 [Analyze of Water Pollution Level in Youtefa Bay Jayapura, Papua Using Pollution Indeks Method]
 Janviter Manalu, I Wayan Nurjaya, Surjono HS dan Kholil.....749
- SIFAT PROTEKSI EKSTRAK AIR PANAS TEH {*Camellia sinensis* (LJ Kuntze)} HIJAU PADA KHAMER *Candida tropicalis* YANG DEPERLAKUKAN DENGAN PARACETAMOL**
 [Protection Property of Hot Water Extract of Green Tea {*Camellia sinensis* (LJ Kuntze)} on Yeast *Candida tropicalis* Treated with Paracetamol]
 Heddy Julistiono.....763

<p>INFEKSI <i>Salmonella enteritidis</i> PADA TELUR AYAM DAN MANUSIA SERTA RESISTENSINYA TERHADAP ANTIMIKROBA <i>[Salmonella enteritidis infection in chicken eggs and human and its antimicrobial resistance profiles]</i> <i>Anni Kusumaningsih dan M Sudarwanto</i>.....</p>	771
<p>IDENTIFIKASI GEN PENYANDI PIREN DIOKSIASENASE PADA ISOLAT BAKTERIPENDEGRADASI PIREN <i>[Identification of the Piren Dioxygenase Encoding Gene in Bacteria Isolates Degrading Piren]</i> <i>FA Febria, Jamsari, N Nasir dan N Nurhidayat</i>.....</p>	781
<p>KAJIAN OZONISASI (O₃) TERHADAP KARAKTERISTIK KUBIS BUNGA (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>) SEGAR SELAMA PENYIMPANAN PADA SUHU DINGIN <i>[Evaluation of Ozonization (O₃) on the Characteristics of Fresh Cauliflower (Brassica oleraceae var. botrytis) during Cold Storage]</i> <i>AliAsgar, A TSugiarto, Sumartini dan D Ariani</i>.....</p>	787
<p>POLA KECENDERUNGAN PENANGKAPAN BURUNG-BURUNG LIAR BERNILAI EKONOMIS DAN IMPLIKASI KONSERVASINYA: STUDI KASUS DITANAH GROGOT, KABUPATEN PASER, PROVINSI KALIMANTAN TIMUR <i>[Capture Trend of Economically Wild Birds and its Conservation Implication: Case Study in Tanah Grogot, Paser District, East Kalimantan Province]</i> <i>Rachmat Budiwijaya Suba, Aditya Rakhman dan Rustam</i>.....</p>	797
<p>IDENTIFIKASI <i>Lernaea</i> sp. YANG MENGINFEKSI IKAN ARWANA IRIAN (<i>Scleropages jardinii</i> (Saville-Kent, 1892)) DI MERAUKE, JAKARTA, BOGOR DAN DEPOK <i>[Identification of Lernaea sp. which infected Anwana irian fish (Scleropages jardinii (Saville-Kent, 1892)) in Merauke, Jakarta, Bogor and Depok]</i> <i>Dikry N Shatrie, Kurniasih Imamudin, Wisnu Nurcahyo dan Triyanto</i>.....</p>	807
<p>KERAGAMAN GENETIK HIBRIDA BEBERAPA STRAIN IKAN NILA (<i>Oreochromis niloticus</i> Bleeker) <i>[Genetic Variability of Tilapia (Oreochromis niloticus Bleeker) Hybrid]</i> <i>Rudhy Gustiano, Dinar Soelistyowati, Agung Luthfl Fauzan, dan Otong Zenal Arifin</i>.....</p>	819
<p>HETEROSIS, HETEROBELTIOSIS DAN TINDAK GEN KARAKTER AGRONOMIK KEDELAI (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill) <i>[Heterosis, Heterobeltiosis and Gene Action of the Agronomic Characters in Soybean (Glycine max (L.) Merrill)]</i> <i>Ayda Krisnawati dan MM Adie</i>.....</p>	827

SIFAT PROTEKSI EKSTRAK AIR PANAS TEH *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}*
HIJAU PADA KHAMIR *Candida tropicalis* YANG DIPERLAKUKAN
DENGAN PARACETAMOL¹
[Protection Property of Hot Water Extract of Green Tea *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}*
on Yeast *Candida tropicalis* Treated with Paracetamol]

Heddy Julistiono
Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI
Jin Raya Jakarta Bogor Km 46, Cibinong 16911- Indonesia
e-mail: heddy_j@yahoo.com

ABSTRACT

In order to develop yeast *Candida tropicalis* as a model cell for evaluation of substance having anti- or pro-oxidant activity in cell level, the effect of hot water tea *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}* extract on peroxidized lipids, a marker of oxidative stress and cell mortality in the yeast caused by paracetamol has been evaluated. Incubation of yeast cell in the presence of 1.38 % green tea for 2 h decreased cell viability followed with increasing of peroxidized lipids, whereas 0.27 % green tea caused increasing of peroxidized lipids without causing cell death. Yeast cell was not affected by 0.1 % green tea. Incubation of yeast cell with presence of 0.15 % (g/v) paracetamol for 2 h did not cause cell mortality, however content of peroxidized lipids increased significantly. In the presence of higher dose of paracetamol (0.3 %) cell viability remarkably decreased and followed with increasing of peroxidized lipids significantly. Green tea of 0.1 % increased cell viability of cells treated with 0.3 % paracetamol while peroxidised lipids decreased. The data indicated that high dose of paracetamol caused oxidative stress in yeast cells, while green tea with lower concentration might protect paracetamol toxicity due to its antioxidant property. Although the antioxidant property, high dose of green tea could cause oxidation due to its pro-oxidant activity. In conclusion, yeast *C. tropicalis* could be potentially used as a model cell to evaluate substances having antioxidant property in cell level.

Key words: Green tea *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}*, *Candida tropicalis*, paracetamol, antioxidant, Reactive Oxygen Species

ABSTRAK

Dalam rangka pengembangan khamir *Candida tropicalis* sebagai sel model untuk evaluasi senyawa bersifat anti- atau pro-oksidasi di tingkat sel, dilakukan penelitian pengaruh air panas teh hijau terhadap lipida terperoksidasi dan kematian sel *C. tropicalis* yang diperlakukan dengan parasetamol. Viabilitas khamir yang diperlakukan dengan ekstrak teh *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}* 1,38 % selama 2 jam turun, diikuti dengan meningkatnya lipida terperoksidasi; sedang konsentrasi teh 0,27 % juga menyebabkan naiknya lipida terperoksidasi namun tanpa diikuti dengan kematian sel. Khamir tidak terpengaruh oleh 0,1 % ekstrak teh. Khamir yang diperlakukan dengan parasetamol 0,15 % (g/v) selama 2 jam tidak mengakibatkan kematian namun lipida terperoksidasi meningkat. Perlakuan dengan parasetamol 0,3 % mengakibatkan meningkatnya kematian sel dan lipida terperoksidasi. Penambahan teh sebesar 0,1 % pada khamir yang diperlakukan dengan 0,3 % parasetamol dapat menaikkan viabilitas sel dan menurunkan lipida terperoksidasi. Data ini mengindikasikan bahwa parasetamol mengakibatkan kematian sel *C. tropicalis* melalui proses cekaman oksidasi. Teh hijau mampu melindungi sel dari parasetamol, mungkin melalui sifat anti-oksidan senyawa tersebut. Meskipun demikian, teh bisa bersifat prooksidasi karena dengan konsentrasi tinggi mampu mengakibatkan cekaman oksidasi pada khamir. Penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan khamir *C. tropicalis* sebagai sel model untuk mempelajari senyawa yang bersifat anti- atau pro-oksidasi di tingkat sel.

Kata kunci: Teh *{Camellia sinensis (L.) Kuntze}* hijau, *Candida tropicalis*, parasetamol, senyawa antioksidan, Reactive Oxygen Species

PENDAHULUAN

Khamir terutama *Saccharomyces cerevisiae* merupakan salah satu jenis sel yang diketahui sangat berguna untuk mempelajari proses di tingkat molekular yang melatarbelakangi terjadinya bermacam kematian sel dari organisme tingkat tinggi seperti hewan dan manusia (Manon, 2004). Akir-akhir ini khamir juga berpotensi untuk digunakan sebagai metode penapisan obat antikanker mengingat peristiwa kematian sel kanker yang terprogram (apoptosis) juga dapat diamati pada khamir (Almeida *et al.*,

2008). Beberapa biak khamir yang diisolasi dari berbagai sumber di Indonesia mempunyai potensi sebagai sel model untuk mempelajari proses pertahanan diri sel terhadap radikal bebas yakni khamir yang sensitif terhadap etanol diharapkan sebagai biosensor aktivitas antioksidan senyawa bioaktif (Yulineri dan Julistiono, 2003).

Paracetamol (acetaminophen, N-acetyl-p-aminophenol) merupakan salah satu senyawa analgesik dan antipiretik yang banyak digunakan. Walaupun obat ini dianggap aman, namun pada kondisi

tertentu bisa bersifat racun (Prescott, 1983). Keracunan pada sel mamalia bisa akibat teroksidasinya paracetamol menjadi N-acetyl-p-benzoquinone imine (NAPQI), suatu senyawa intermediate yang reaktif yang dikatalisis oleh enzim sitokrom P450 (P450). Senyawa ini mengakibatkan menurunnya glutathione yang pada proses selanjutnya akan mengakibatkan stres oksidasi sel (Vermeulen *et al.*, 1992). Keracunan paracetamol juga dapat terjadi karena stres oksidasi yang diawali terbentuknya "phenoxyl radical" yang dikatalisis oleh enzim peroksidase (Kapiotis *et al.*, 1997). Stres oksidasi pada sel tikus yang diakibatkan oleh paracetamol seperti juga oleh senyawa yang bersifat prooksidan lainnya bisa diamati dari peningkatan lipida terperoksidasi (Ojo, *et al.*, 2006)

Teh (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) hijau dikenal mengandung sekitar 30-40% senyawa flavonoid yang larut dalam air yang bersifat antioksidan, yakni *epicatechin* (EC), *epigallocatechin* (EGC), *epicatechin-3-gallate* (ECG), dan *epigallocatechin-3-gallate* (EGCG) (Balentine *et al.*, 1997). Sifat antioksidan merupakan kemampuan senyawa untuk mengurangi kerusakan sel akibat stres oksidasi. Tingkat kerusakan sel hati mamalia akibat parasetamol dibuktikan dapat diturunkan dengan perlakuan antioksidan ekstrak teh hijau (Oz *et al.*, 2004).

Pada penelitian ini dievaluasi efek paracetamol terhadap stres oksidasi pada khamir *C. tropicalis*. yang ditandai dengan peningkatan lipida terperoksidasi dan aktivitas antioksidan ekstrak air teh hijau pada sel yang mengalami stres oksidasi akibat paracetamol. Pengukuran kenaikan jumlah, tanpa skor, malon dialdehid (MDA) yang merupakan akibat naiknya jumlah lipida terperoksidasi, sampai saat ini masih menjadi satu strategi dalam riset sifat prooksidan senyawa (Babich *et al.*, 2011) Data yang diperoleh diharapkan dapat menjadi informasi yang berguna untuk pengembangan metoda evaluasi sifat

antioksidan di tingkat sel dengan cepat dan murah.

BAHAN DAN METODE

Khamir *Candida tropicalis* lipimec 0060

Bahan-bahan yang digunakan adalah biakan khamir *Candida tropicalis* lipimec 0060 merupakan koleksi Bidang Mikrobiologi, Puslit Biologi, LIPI yang diisolasi dari tanah di Cepu, Jawa Tengah yang terkontaminasi dengan limbah bahan bakar minyak (Saono dan Gandjar, 1974).

Ekstrak teh.

Penyiapan ekstrak air panas teh hijau dilakukan mengacu pada Shin *et al.* (2009). 100 g daun teh hijau kering dilarutkan pada 100 ml akuades dengan suhu 90°C selama 10 menit, kemudian disaring dengan membran filter 0,45 µm steril. Ekstrak disiapkan ketika perlakuan untuk menghindari proses oksidasi sebelum digunakan.

Larutan paracetamol

Parasetamol sebanyak 3 g dilarutkan pada 100 ml akuades pada suhu 40°C selama beberapa menit hingga larut, kemudian disaring dengan membran filter 0,45 µm steril. Larutan disiapkan pada saat perlakuan.

Media pertumbuhan khamir

Media yang digunakan untuk menumbuhkan khamir adalah media cair gliserol (Julistiono, 2006). Gliserol digunakan sebagai sumber C dan energi karena gliserol tidak terfermentasi menghasilkan etanol (de Winde *et al.*, 1997). Dengan demikian, selama pertumbuhan tidak terdapat etanol yang dapat mengakibatkan stres oksidasi. Dalam 1 l media cair gliserol mengandung 3,024 g gliserol, 1,3 g KH₂PO₄, 0,15 g MgSO₄·7H₂O, 3,0 g ekstrak khamir, 4,0 g bakto pepton, dan 1 ml larutan X (5,0 g ZnSO₄·7H₂O, 3,0 g MnSO₄, 2,8 g CuSO₄, dalam 250 ml akuades). Semua bahan dilarutkan, kemudian media dipindahkan sebanyak 100 ml ke dalam labu erlenmeyer dan disterilisasi dengan autoklaf selama

15 menit pada 121 °C, 150 atm.

Media agar untuk menghitung viabilitas khamir

Media agar yang digunakan untuk pertumbuhan khamir adalah sebagai berikut. Dalam 1 l media mengandung 3,0 g ekstrak khamir, 5,0 g bakto pepton, 20 g bakto agar, 10 g glukosa, 0,5 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 1,0 g $K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$ dan akuades sampai volumenya 1 l.

Penumbuhan khamir

Khamir ditumbuhkan pada media cair gliserol pada suhu kamar dan digojog dengan kecepatan 100 rpm. Khamir yang akan diuji diperoleh dari biak berumur 2 hari, pada saat fase stasioner. Kepadatan sel khamir yang hidup dihitung dengan metoda *pour plate* pada media padat. Satuan jumlah sel yang hidup adalah CFU (*colony forming unit*) per ml.

Penyiapan ekstrak air teh hijau.

Teh hijau (*Camellia sinensis*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah teh hijau komersial. Teh hijau dilarutkan dalam air dengan suhu 90°C sebanyak 0,1 g/ml. Setelah didiamkan selama 2 jam, larutan teh hijau disaring dengan kertas saring Whatman no 9 secara aseptik. Larutan teh hijau selanjutnya digunakan untuk pengujian berikutnya, disiapkan ketika akan dilakukan percobaan terhadap khasiatnya.

Pengukuran viabilitas khamir yang diperlakukan dengan paracetamol dan/atau teh.

Sebanyak 100 ml biakan khamir umur 2 hari disentrifugasi secara aseptis dengan kecepatan 1500 g pada suhu sekitar 20 °C. Pelet dicuci dengan aquades steril kemudian ditambahkan aquades steril sekitar 30 ml. Dari suspensi sel khamir ini diambil **848,5** µl dan ditambahkan 151,5 µl aquades steril, atau paracetamol (konsentrasi akhir 0,3 %), atau teh (konsentrasi akhir 0,01 %), atau paracetamol dan diinkubasi selama 2 jam pada suhu kamar. Masing-masing perlakuan tersebut sebagai kontrol, paracetamol, teh, atau paracetamol dan teh. Setelah inkubasi,

kepadatan sel masing-masing perlakuan dihitung dengan metoda "pour plate" pada media padat.

Pengukuran peroksidasi lipida.

Peroksidasi lipida diukur dengan mengukur malon dialdehid (MDA) yang terbentuk, mengacu pada metode Ray *et al.* (2002) yang dimodifikasi. Sebanyak 200 ml biakan umur 2 hari, disentrifugasi; pelet diambil ditambah air sampai 25 ml. Suspensi diambil sebanyak 2 ml. Sebagai kontrol, 2ml suspensi ditambah 1.2 ml aquades. Untuk perlakuan paracetamol, teh, paracetamol dan teh, 2 ml suspensi ditambah masing-masing dengan 1,2 ml larutan paracetamol, teh, serta paracetamol dan teh sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan. Suspensi kemudian diinkubasi selama 1 jam dengan penggojogan 100 rpm. Setelah 2 jam inkubasi, suspensi ditambah 0,8 ml TCA 75%, dicampur rata lalu ditambah 1,5 ml TBA 0.67 % dan dihomogenkan dengan vortex, kemudian dipanaskan pada suhu 95°C. Suspensi didinginkan dan disentrifugasi kecepatan 1500 g selama 5 menit. Supernatan diukur dengan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 532 nm. Konsentrasi MDA ditentukan dengan membandingkannya dengan kurva MDA standar.

HASIL

Pengaruh paracetamol terhadap stres oksidasi khamir.

Potensi paracetamol yang dapat mengakibatkan stres oksidasi pada sel khamir disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh kadar paracetamol terhadap lipida terperoksidasi

Perlakuan	Lipida terperoksidasi (pMMDA/10 ⁶ CFU)
Kontrol	4,28 ± 0,03 ^a
Paracetamol 0,15%	5,14 ± 0,07 ^b
Paracetamol 0,3 %	8,62 ± 0,18 ^c

Dari Tabel 1 dapat ditunjukkan bahwa paracetamol berpotensi toksik yang mengakibatkan stres oksidasi pada sel khamir *C. tropicalis*. Pada konsentrasi 0,15 %, paracetamol mulai menyebabkan naiknya lipida yang terperoksidasi akibat stres oksidasi.

Pengaruh ekstrak air panas teh hijau terhadap stres oksidasi pada khamir

Pada Tabel 2 disajikan kadar ekstrak teh hijau yang dapat mengakibatkan stres oksidasi khamir. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa mulai konsentrasi 0,27%, teh dapat mengakibatkan stres oksidasi.

Tabel 2. Pengaruh kadar ekstrak air teh hijau terhadap lipida terperoksidasi

Perlakuan	Lipida terperoksidasi (pM MDA/10 ⁶ CFU)
Kontrol	3,65 ± 0,12 ^a
Teh hijau 0,01 %	3,52 ± 0,14 ^a
Teh hijau 0,27 %	4,82 ± 0,02 ^b
Paracetamol 1,38 %	5,29 ± 0,29 ^b

Angka yang diikuti dengan tanda yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Pengaruh paracetamol terhadap viabilitas khamir.

Seperti yang tertera pada Tabel 3, pada kadar 0,3 %, paracetamol dapat mengakibatkan kematian sel khamir.

Tabel 3. Pengaruh kadar paracetamol terhadap viabilitas khamir

Perlakuan	Viabilitas (10 ⁶ CFU/ml)
Kontrol	155,56 ± 5,59 ^a
Paracetamol 0,15 %	151,33 ± 4,47 ^a
Paracetamol 0,3 %	61,00 ± 2,89 ^b

Angka yang diikuti dengan tanda yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Pengaruh ekstrak teh hijau terhadap viabilitas khamir

Seperti yang terlihat pada Tabel 4, teh hijau dapat membunuh sel khamir pada konsentrasi 1,38%.

Tabel 4. Pengaruh kadar ekstrak air teh hijau terhadap viabilitas khamir

Perlakuan	Viabilitas (10 ⁶ CFU/ml)
Kontrol	155,56 ± 0,12 ^a
Teh hijau 0,27 %	146,22 ± 4,16 ^a
Teh hijau 1,38 %	88,00 ± 2,31 ^b

Angka yang diikuti dengan tanda yang sama menunjukkan berbeda nyata pada taraf uji 5%

Uji proteksi ekstrak teh hijau terhadap sel khamir yang diperlakukan dengan paracetamol

Pada Tabel 5, disajikan pengaruh ekstrak teh hijau terhadap penurunan tingkat kerusakan sel akibat oksidasi karena keracunan paracetamol; sedang pada Tabel 6 disajikan pengaruh ekstrak teh hijau terhadap penurunan tingkat kematian sel akibat paracetamol. Dari Tabel 5 dan Tabel 6 terlihat bahwa konsentrasi 0,01 %, teh hijau dapat mencegah keru-

Tabel 5. Pengaruh ekstrak air teh hijau 0,01 % terhadap lipida terperoksidasi khamir yang diperlakukan

Perlakuan	Lipida terperoksidasi (pM MDA/10 ⁶ CFU)
Kontrol	3,52 ± 0,18 ^a
Paracetamol 0,3 %	7,50 ± 0,02 ^c
Teh hijau 0,01 %	3,52 ± 0,14 ^a
Paracetamol 0,3 % dan teh hijau 0,01 %	5,85 ± 0,31 ^b

Angka yang diikuti dengan tanda yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

Tabel 6. Pengaruh ekstrak air teh hijau 0,01 % terhadap viabilitas khamir yang diperlakukan dengan paracetamol 0,3 %

Perlakuan	Viabilitas (10 ⁶ CFU/ml)
Kontrol	224,11 ± 11,32 ^b
Paracetamol 0,3 %	143,44 ± 6,45 ^a
Teh hijau 0,01 %	216,44 ± 2,87 ^b
Paracetamol 0,3 % dan teh hijau 0,01 %	206,33 ± 0,29 ^b

Angka yang diikuti dengan tanda yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf uji 5%

sakan sel akibat oksidasi dan kematian sel akibat perlakuan dengan paracetamol.

PEMBAHASAN

Seperti yang disajikan pada tabel 3, paracetamol dengan konsentrasi 0,3 % dan inkubasi 2 jam mengakibatkan kematian sel, namun tidak demikian halnya pada konsentrasi 0,15 %. Hal ini mengindikasikan adanya kemiripan antara sistem sel khamir *Candida* sp. dan sel mamalia dalam hal metabolisme paracetamol, yakni terbentuknya radikal bebas yang selanjutnya menjadi penyebab utama keracunan sel. Namun demikian mekanisme metabolisme paracetamol melalui pembentukan radikal bebas seperti yang dilaporkan oleh Vermeulen *et al.* (1992) dan Kapiotis *et al.* (1997) belum ditunjukkan dalam penelitian ini. Srikanth *et al.* (2005) melaporkan bahwa paracetamol dapat bersifat toksik terhadap khamir *S. cerevisiae* namun tidak melalui pembentukan radikal bebas seperti yang dilaporkan pada sistem sel mamalia. Untuk mengungkap lebih jauh tentang mekanisme toksisitas paracetamol pada *Candida* sp. perlu diteliti kemampuannya untuk memetabolisme paracetamol seperti pada sistem sel mamalia.

Walaupun kandungan senyawa kimia yang terdapat pada teh dilaporkan bersifat antioksidan, ekstrak air teh dapat bersifat pro-oksidan yang ditandai dengan meningkatnya jumlah lipida yang teroksidasi. Golongan flavonoid sebagai kandungan teh yang bersifat antioksidan ini dalam kondisi tertentu justru dapat bersifat sebaliknya, yakni pro-oksidan. Cotelle (2001) menjelaskan bahwa munculnya aktivitas oksidasi pada flavonoid diduga melalui proses autooksidasi yang dikatalisis oleh logam transisi dan terbentuknya flavonoid sekunder radikal. Stres oksidasi pada sel *C. tropicalis*, yang diperlakukan dengan teh diikuti dengan kematian sel ditunjukkan pada Tabel 4. Namun kerusakan oksidasi pada sel akibat kadar teh sebesar 0,27 % belum

mampu secara signifikan mematikan sel. Pada kadar 1,38 %, teh mengakibatkan kerusakan oksidasi dan membunuh sebagian sel.

Selanjutnya, untuk mengevaluasi sifat antioksidan teh, dipilih kadar 0,01 % karena tidak mengakibatkan kerusakan oksidasi; sedang kadar paracetamol dipilih 0,3 % karena mengakibatkan kerusakan oksidasi dan kematian sel. Seperti yang tertera pada Tabel 5, ekstrak air teh hijau dengan kadar 0,01 % tidak bersifat pro-oksidan, sebaliknya bersifat antioksidan karena mampu menurunkan jumlah lipida sel yang teroksidasi akibat paracetamol 0,3 %. Berbagai ekstrak tumbuhan termasuk teh memiliki aktivitas antioksidan dan dapat melindungi kerusakan oksidasi akibat paracetamol pada sel mamalia ditunjukkan oleh beberapa peneliti (Ojo *et al.*, 2006; Oz *et al.*, 2004).

Lebih jauh lagi, seperti yang disajikan pada Tabel 6, tingkat kematian sel akibat paracetamol 0,3 % dapat dicegah oleh ekstrak air teh hijau dengan kadar 0,01 %. Dari data ini dibuktikan bahwa ekstrak air teh hijau dapat bersifat proteksi terhadap kerusakan sel akibat paracetamol. Namun juga ekstrak teh berpotensi memperparah kerusakan akibat perlakuan dengan paracetamol. Salah satu faktor yang menyebabkan aktivitas toksik terhadap sel pada penelitian ini adalah konsentrasi yang tinggi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 4. Sifat toksik teh hijau terhadap mikroba telah lama diketahui, diantaranya fungisidal pada *Candida albicans* yang dilaporkan oleh Hirasawa dan Takeda (2004). Stres oksidasi yang terjadi pada sel *C. tropicalis*, yang ditandai dengan meningkatnya lipida terperoksidasi mengindikasikan terbentuknya radikal bebas pada sel yang diperlakukan dengan paracetamol. Pada sel mamalia, parasetamol mengalami metabolisme oleh enzim sitokrom P450 sehingga menghasilkan metabolit radikal bebas, N-acetyl-p-benzo-quinoneimine (NAPQI) (Vermeulen, 1992;

Gonzalez, 2005). Sejauh pengetahuan penulis, mekanisme toksisitas paracetamol pada sel khamir ini belum pernah dilaporkan. Namun berdasarkan data yang menunjukkan adanya stress oksidasi pada khamir yang diperlakukan dengan paracetamol, dan keberadaan berbagai subfamily sitokrom P450 pada jenis *C. tropicalis* (He dan Chen, 2005; Liu *et al.*, 2003; Craft *et al.*, 2003), mekanisme toksisitas melalui metabolisme yang serupa mungkin bisa terjadi.

Data menunjukkan bahwa ekstrak teh hijau dapat melindungi tingkat oksidasi lipida akibat paracetamol. Seperti diketahui bahwa teh mengandung polifenol seperti epigalokatekin galat (EGCG), katekin yang bersifat antioksidan (Venkateswara *et al.*, 2011). Satu mekanisme yang utama yang paling dikenal pada proses antioksidan ini adalah melalui penjerapan elektron dari molekul radikal bebas (Cotelle, 2001 dan beberapa artikel di dalamnya). Pada penelitian ini, teh dengan konsentrasi yang rendah menyebabkan turunnya jumlah lipida yang teroksidasi akibat paracetamol. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian radikal bebas yang timbul akibat metabolisme paracetamol mendapatkan pasangan elektron dari senyawa polifenol yang ada pada teh sehingga jumlah radikal bebas yang dapat mengoksidasi lipida berkurang. Penjerapan elektron oleh katekin terhadap senyawa radikal bebas feril hemoglobin dalam sistem sel ditunjukkan oleh Lu *et al.* (2011) dengan menggunakan sel hemoglobin.

Kandungan teh hijau dikenal sebagai antioksidan, namun pada penelitian ini konsentrasi ekstrak teh yang tinggi justru mengakibatkan meningkatnya oksidasi lipida atau dengan kata lain bahwa teh dapat bersifat prooksidan. Sifat prooksidan dari polifenol teh hijau (EGCG) pada khamir *Saccharomyces cerevisiae* dan *Schizosaccharomyces pombe*, untuk pertama kali, ditunjukkan oleh Maeta *et al.* (2007). EGCG dalam sel mengakibatkan munculnya radikal bebas sehingga sel mengalami stress oksidasi; dan

sebagai mekanisme pertahanan diri, sel mengaktifkan faktor transkripsi enzim-enzim yang bertanggung jawab untuk melindungi sel dari stress oksidasi. Sifat anti- dan pro-oksidasi satu senyawa ini sebenarnya tidak berarti kontradiksi jika dilihat bahwa senyawa yang diluar sistem sel bersifat sebagai penjerap elektron justru dapat memberikan elektron pada sistem biologi yang tidak memerlukan donor elektron. Donasi elektron pada sistem ini dapat menyebabkan terbentuknya radikal bebas sehingga mengoksidasi komponen sel seperti lipida, DNA, dan protein. Cotelle (2001) menjelaskan bahwa gugus hidroksil pada polifenol dapat mengakibatkan terbentuknya radikal semikinon pada larutan alkalin yang bisa dideteksi dengan EPR *Spectroscopy*. Peristiwa autooksidasi polifenol ini, dengan katalisis logam transisi dapat mengakibatkan terjadinya reduksi O₂ sehingga menghasilkan "Reactive Oxygen Species" yang mengakibatkan sel mengalami stress oksidasi. Menurut Lamberta dan Elyasa (2010) sel kanker sensitif terhadap polifenol ekstrak teh hijau karena sifat pro-oksidasi dari EGCG sehingga sel mengalami apoptosis.

Pada penelitian ini, ditunjukkan bahwa pada konsentrasi rendah, ekstrak teh dapat meredam oksidasi lipida pada sel yang diperlakukan dengan paracetamol sedang pada konsentrasi tinggi, dapat memperparah tingkat oksidasi. Sifat yang seolah-olah sinergisme dengan paracetamol dalam proses induksi stress oksidasi ini mungkin saja berlangsung secara independen. Paracetamol, melalui proses metabolisme, menghasilkan radikal bebas sedang polifenol teh melalui proses autooksidasi juga mengakibatkan stress oksidasi. Secara umum, penelitian ini mengungkap kemiripan antara khamir *C. tropicalis* dengan sel mamalia dalam hal respons terhadap senyawa asing yang berdampak pada stress oksidasi. Namun untuk lebih memahaminya, masih diperlukan sedikitnya identifikasi keberadaan serta

peran sitokrom P450 pada metabolisme senyawa asing, deteksi "Reactive Oxygen Species" pada sel yang diduga mengalami stress oksidasi.

KESIMPULAN

Pada kondisi tertentu, parasetamol mengakibatkan stress oksidasi pada sel *C. tropicalis*. Ekstrak air teh hijau dapat bersifat antioksidan yang dapat mengurangi tingkat kerusakan sel akibat stress oksidasi yang ditimbulkan parasetamol. Namun sifat antioksidan ekstrak teh dapat berubah menjadi prooksidan di dalam sel pada kondisi tertentu, sehingga memperparah kerusakan akibat oksidasi yang dipicu oleh parasetamol. Data ini menunjukkan kemiripan sel *C. tropicalis* dengan sel mamalia, khususnya dalam hal respons terhadap senyawa asing yang berhubungan dengan stress oksidasi. Untuk memperjelas kemiripan ini, dan memperkuat potensi sel khamir sebagai sel model untuk evaluasi proses stress oksidasi, perlu dibuktikan keberadaan ROS dalam sel dan perlu diketahui keberadaan serta peran sitokrom P450 pada proses metabolisme senyawa asing yang berdampak pada stress oksidasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih pada Titin Yulineri dan Antiokhia Risnawati atas bantuan teknis dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Almeida B, A Silva, A Mesquita, B Sampaio-Marques, F Rodrigues and Ludovico P. 2008.** Drug-induced apoptosis in yeast, *Biochimica et Biophysica Acta* 1783, 1436-1448.
- Babich H, AG Schuck, JH Weisburg and HL Zuckerbraun. 2011.** Research strategies in the study of the pro-oxidant nature of polyphenol nutraceuticals. *Journal of Toxicology* 2011, 467305. Epub 2011 Jun 26.
- Balentine DA, SA Wiseman and LC Bouwens. 1997.** The chemistry of tea flavonoids. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 37,693-704.
- Cotelle N. 2001.** Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry* 1, 569-590.
- Craft DL, KM Madduri, M Eshoo and CR Wilson. 2003.** Identification and characterization of the CYP52 family of *Candida tropicalis* ATCC 20336, important for the conversion of fatty acids and alkanes to alpha, omega-dicarboxylic acids. *Appl Environ Microbiol.* 69, 5983-5991.
- Gonzalez FJ. 2005.** Role of cytochromes P450 in chemical toxicity and oxidative stress: studies with CYP2E1. *Mutation Research* 569,101-110.
- De Winde JH, JM Thevelein and J Winderickx. 1997.** From feast to famine: adaptation to nutrient depletion in yeast. In: S Hofmann and WH Mager (Eds). *Yeast Stress Responses*, 1-52. Springer-Verlag. Berlin.
- He F and YT Chen. 2005.** Cloning and heterologous expression of the NADPH cytochrome P450 oxidoreductase genes from an industrial dicarboxylic acid-producing *Candida tropicalis*. *Yeast* 22,481-491.
- Hirasawa M and K Takada. 2004.** Multiple effects of green tea catechin on the antifungal activity of antimycotics against *Candida albicans*. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 53,225-229.
- Julisriono H. 2006.** Superoxide Dismutase and Ethanol Resistance by Sodium Chloride and Lead in Yeast *Candida* Y390. *Jurnal Biologi Indonesia* 4,1-7.
- Kapiotis S, G Sengoelge, M Hermann, I Held, C Seelos and BMK Gmeiner. 1997.** Paracetamol catalyzes myeloperoxidase-initiated lipid oxidation in LDL. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 17, 2855-2860.
- Lamberta JD and RJ Eliasa. 2010.** The antioxidant and pro-oxidant activities of green tea polyphenols: a role in cancer prevention. *Archive of Biochemistry and Biophysics* 501,65-72.
- Liu S, C Li, L Xie and Z Cao. 2003.** Intracellular pH and metabolic activity of long-chain dicarboxylic acid-producing yeast *Candida tropicalis*. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 96,349-53.
- Lu N, P Chen, Q Yang and YY Peng. 2011.** Anti- and pro-oxidant effects of (+)-catechin on hemoglobin-induced protein oxidative damage. *Toxicology In Vitro* 25,833-838.
- Maeta K, W Nomura, Y Takatsume, S Izawa and Y Inoue. 2007.** Green tea polyphenols function as prooxidants to activate oxidative-stress-responsive transcription factors in yeasts. *Applied and Environmental Microbiology* 73, 572-580.
- Manon S. 2004.** Utilization of Yeast to investigate the role of lipid oxidation in cell death. *Antioxidants & Redox Signaling* 6,259-267.
- Ojo OO, FR Kabutu, M Bello and U Babayo. 2006.** Inhibition of paracetamol-induced oxidative stress in rats by extracts of lemongrass (*Cymbropogon citratus*) and green

Julistiono - Sifat Proteksi Ekstrak Air Panas Teh (*Camellia sinensis* (L) Kuntze) Hijau pada Khamir *Candida tropicalis* yang kukan dengan Paracetamol

tea (*Camellia sinensis*) in rats. *African Journal of Biotechnology* 5, 1227-1232.

- Oz HS, CJ McClain, HT Nagasawa, MB Ray, WJ de Villiers and TS Chen. 2004.** Diverse antioxidants protect against acetaminophen hepatotoxicity. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology* 18,361-368.
- Prescott, LF. 1983.** The treatment of acetaminophen poisoning. *Drugs* 25, 290-314
- Ray A, SR Chaudhuri, B Majumdar and SK Bandyopadhyay. 2002.** Antioxidant activity of ethanol extract of rhizome of *Picrorhiza Kurroa* on indomethacin induced gastric ulcer during healing. *Indian Journal of Clinical Biochemistry* 17, 44-51
- Saono S and I Gandjar. 1974.** Hydrocarbon-utilizing soil yeasts from oil fields in Tjepu region (Central Java), Indonesia. *Annales Bogorienses V*, 123-129.
- Shin BC, HH Ryu, JH Jong, BR Lee and HL Kim. 2009.** The protective effects of green tea extract against L-arginine toxicity to cultured human mesangial cells. *Journal of*

Korean Medical Science 24, S204-S209.

- Srikanth CV, AK Chakraborti and AK Bachhawat.2005** Acetaminophen toxicity and resistance in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Microbiology* 151,99-11.
- Yulineri T dan H Julistiono. 2003.** Penggunaan keragaman khamir berdasarkan keberadaan enzim superoksida dismutasinya untuk bioesai stres oksidatif. berkala *Penelitian Hayati* 8, 49-51.
- Venkateswara B, Sirisha K and Chava VK. 2011.** Green tea extract for periodontal health. *Journal of Indian Society of Periodontology* 15, 18-22.
- Vermeulen NPE, JGM Bessems, R van de Streat (1992).** Molecular aspects of paracetamol-induced hepatotoxicity and its mechanism based prevention. *Drug Metabolism Reviews* 24,367-407.