

# Berita Biologi

Jurnal Ilmu-ilmu Hayati



Diterbitkan oleh  
Pusat Penelitian Biologi - LIPI

**B**erita 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 3 nomor.

### **Surat Keputusan Ketua LIPI**

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

### **Dewan Pengurus**

#### **Pemimpin Redaksi**

B Paul Naiola

#### **Anggota Redaksi**

Andria Agusta, Dwi Astuti, Hari Sutrisno, Iwan Saskiawan

Kusumadewi Sri Yulita, Edi Mirmanto

#### **Redaksi Pelaksana**

Marlina Ardiyani

#### **Desain dan Komputerisasi**

Muhamad Ruslan, Deden Sumirat Hidayat

#### **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](mailto:berita.biologi@mail.lipi.go.id)  
[ksama\\_p2biologi@yahoo.com](mailto:ksama_p2biologi@yahoo.com)  
[herbogor@indo.net.id](mailto:herbogor@indo.net.id)

*Keterangan foto cover depan:* Selektifitas kukang jawa (*Nycticebus javanicus*) terhadap tumbuhan sebagai pakan dan sarangnya, sesuai makalah di halaman 111 (Foto: Koleksi LIPI - Wirdateti).



LIPI

# Berita Biologi

**Jurnal Ilmu-ilmu Hayati**

**ISSN 0126-1754**

Volume 11, Nomor 1, April 2012

Terakreditasi A

SK Kepala LIPI

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/*appendix* 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 antarpeneliti dan arah ke mana topik riset akan diarahkan. Perhatikan 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 (✉) 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 maksi 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 Aru, 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. Müller, 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. Proof reading  
Proof reading 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](mailto:berita.biologi@mail.lipi.go.id) dan di-Cc-kan kepada: [ksama\\_p2biologi@yahoo.com](mailto:ksama_p2biologi@yahoo.com), [herbogor@indo.net.id](mailto: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 Karna 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 Moge (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-Kemhut*)  
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  
11(1) – April 2012

Dr. Endang Tri Margawati – *Pusat Penelitian Bioteknologi – LIPI*  
Dr. Joko Sulistyono – *Pusat Penelitian Biologi – LIPI*  
Magdalena Litaay, PhD – *FMIPA – Universitas Hassanudin*  
Dr. Nuril Hidayati – *Pusat Penelitian Biologi – LIPI*  
Dr. Nurliani Bernawie – *BB. Biogen – Badan Litbang Kementan*  
Ir. Titi Juhaeti, M.Si – *Pusat Penelitian Biologi – LIPI*  
Dr. Ir. Warid Ali Qosim, MS – *Fak. Pertanian – UNPAD*  
Dr. Yulita Kusumadewi – *Pusat Penelitian Biologi – LIPI*

#### Referee/ Mitra Bestari Undangan

Dr. Entang Iskandar – *Pusat Studi Satwa Primata – IPB*  
Prof. Dr. Ibnu Maryanto – *Pusat Penelitian Biologi – LIPI*  
Prof. MF.Rahardjo – *Fak. Perikanan dan Ilmu kelautan – IPB*  
Dr. I. Nyoman P. Aryantha – *Dep. Biologi FMIPA – ITB*



## DAFTAR ISI

**TINJAUAN ULANG (REVIEW)****TINJAUAN TENTANG KOPEPODA PARASIT DI INDONESIA****[A Review of Parasitic Copepods in Indonesia]***Conni Sidabalok* ..... 1**MAKALAH HASIL RISET (ORIGINAL PAPERS)****IDENTIFIKASI ALEL GEN *Xa7* PADA PLASMA NUTFAH PADI LOKAL  
PAREKALIGOLARA MELALUI UJI SEGREGASI FENOTIPE DAN GENOTIPE****[Identification of *Xa7* Alleles Gene in Landrace Parekaligolara by Phenotype and Genotype Segregation Analysis]***Dwinita W Utami, TS Kadir dan A Nasution* ..... 15**ADAPTASI OSMOTIK TUMBUHAN MANGROVE *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh.  
DAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.) TERHADAP STRES SALINE****[Osmotic Adaptation of Mangrove *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh. and Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) against Saline Stress]***BP Naiola* ..... 23**KEANEKARAGAMAN JENIS TUMBUHAN PEMAKAN SERANGGA DAN LAJU  
FOTOSINTESISNYA DI PULAU NATUNA****[Diversity of Insectivorous Plants and Its Photosynthesis Rate In Natuna Island]***Muhammad Mansur* ..... 33**ANALISIS IMUNOGENISITAS PROTEIN GRA1 DARI HASIL KLONING GEN *GRA1*  
TAKIZOIT *Toxoplasma gondii*****[Immunogenicity Analysis of GRA1 Protein derived from clone bearing *GRA1* Genes collected from *Toxoplasma gondii* Tachyzoite]***Didik T Subekti, WT Artama, SH Poerwanto, E Sulistyarningsih dan Yulia Sari* ..... 43**KOI HERPES VIRUS SEBAGAI PENYEBAB KEMATIAN MASSAL PADA *Cyprinus carpio*  
*koi* DI INDONESIA****[Koi Herpes Virus The Causative Agent of Sporadically Mortality of *Cyprinus carpio koi* in Indonesia]***S Oetami Madyowati, Sumaryam, A Kusyairi dan H Suprpto* ..... 53**ANALISIS PERUBAHAN POLA GENETIKEMPAT GENERASI MANGGIS (*Garcinia man-  
gostana* L.) BERDASARKAN MARKA ISSR****[Analysis of Genetic Pattern Changes among Four Generations of Mangosteen (*Garcinia man-  
gostana* L.) Based on ISSR Marker]***Siti Noorrohmah, Sobir dan D Efendi* ..... 59**PENGARUH BEBERAPA PAKET PEMUPUKAN DAN AMELIORASI TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.)  
DI KAWASAN PENGEMBANGAN LAHAN GAMBUT (PLG)****[Effect of Amelioration and Fertilization Packages on Growth and Yield Peanut (*Arachis hypo-  
gaea* L.) in the Area Peatland Development (PLG)]***Siti Nurzakiah, Koesrini dan Khairil Anwar* ..... 67

<b>POTENSI <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Willd.) Griseb DAN <i>Centrosema pubescens</i> Benth. SEBAGAI AKUMULATOR PENCEMAR MERKURI [POTENCY OF <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Willd.) Griseb AND <i>Centrosema pubescens</i> Benth. AS MERCURY ACCUMULATORS]</b> <i>Nuril Hidayati</i> .....	73
<b>SIFAT ANTIOKSIDAN, KANDUNGAN FENOLAT TOTAL dan FLAVONOID TOTAL EKSTRAK KULIT BATANG MERTAPANG (<i>Terminalia copelandii</i> Elmer) [Antioxidant Properties, Total Phenolic and Total Flavonoid Content of Mertapang (<i>Terminalia copelandii</i> Elmer) Bark Extract]</b> <i>Tri Murningsih</i> .....	85
<b>SPATIAL MODEL OF SUMATRAN TIGER (<i>Panthera tigris sumatrae</i>) POTENTIAL HABITAT SUITABILITY IN BUKIT BARISAN SELATAN NATIONAL PARK, INDONESIA [Model Spasial Kesesuaian Habitat Harimau Sumatra (<i>Panthera tigris sumatrae</i>) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan, Indonesia]</b> <i>Suyadi, I Nengah Surati Jaya, Antonius B Wijanarto and Haryo Tabah Wibisono</i> .....	93
<b>ANALISA VEGETASI TEMPAT TUMBUH <i>Hoya purpureofusca</i> HOOK.F. DI RESORT SELABINTANA, TAMAN NASIONAL GUNUNG GEDE PANGRANGO [Vegetation analysis of habitat <i>Hoya purpureofusca</i> Hook.f. at the Selabintana Resort, Mount Gede Pangrango National Park]</b> <i>Syamsul Hidayat, Sri Rahayu dan Kartika Ningtyas</i> .....	103
<b>SEBARAN DAN HABITAT KUKANG JAWA (<i>Nycticebus javanicus</i>) DI AREA PERKEBUNAN SAYUR GUNUNG PAPANDAYAN, KABUPATEN GARUT [Distribution and Habitat on Javan Slow Loris (<i>Nycticebus javanicus</i>) in Vegetables Garden at Mount Papandayan, Garut District Area]</b> <i>Wirdateji</i> .....	111
<b>ANALISA KANDUNGAN LOVASTATIN, PIGMEN DAN CITRININ PADA FERMENTASI BERAS IR 42 DENGAN MUTAN <i>Monascus purpureus</i> Analysis of Lovastatin, Pigments And Citrinin in Rice Which Fermented by <i>Monascus purpureus</i> Mutant</b> <i>T Yulinery dan N Nurhidayat</i> .....	119
<b>CEKAMAN OKSIDASI SEL KHAMIR <i>Candida tropicalis</i> YANG DIPERLAKUKAN DENGAN PARASETAMOL DAN ANTIOKSIDAN (+)-CATECHIN [Oxidative Stress in <i>Candida tropicalis</i> Treated with Paracetamol and Antioxidant (+)-catechin]</b> <i>Heddy Julistiono</i> .....	131

## CEKAMAN OKSIDASI SEL KHAMIR *Candida tropicalis* YANG DIPERLAKUKAN DENGAN PARASETAMOL DAN ANTIOKSIDAN (+)-KATEKHIN\* [Oxidative Stress in *Candida tropicalis* Treated with Paracetamol and Antioxidant (+)-catechin]

Heddy Julistiono

Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI,  
Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911  
e-mail: heddy\_j@yahoo.com

### ABSTRACT

In order to more understand similarity of yeast *Candida tropicalis* with mammalian cells in analgesic drug paracetamol metabolism and toxicity, ability of yeast in the drug metabolism and oxidative response of cells treated with the drug and (+)-catechin was studied. In mammalian cells, paracetamol toxicity is mainly caused by metabolite byproduct of drug metabolism catalyzed by cytochrome P450, a membrane-bound enzyme and peroxidase and a soluble enzyme. Previously it has been shown that paracetamol induced oxidative stress in the yeast cells; and green tea extract protected the cells from oxidation. In this study, it had been shown that paracetamol could be metabolized by yeast cell suspension or cell free extracellular protein, reflecting possibility of role of enzyme that can not be separated from cell and that is soluble, which is common phenomenon in mammalian cell system. Paracetamol of 3 mg/ml increased lipid peroxidation, a marker of oxidative stress. A green tea polyphenol, (+)-catechin of 0.1 mg/ml did not decrease lipid peroxidation content induced by paracetamol. At higher concentration (2 mg/ml), solely (+)-catechin did not increase lipid peroxidation content. Paracetamol or (+)-catechin induced slightly activity of superoxide dismutase enzyme. The data indicated that paracetamol metabolism or toxicity in the yeast may be similar to that of mammalian cells. In this condition, it suggested that (+)-catechin is one of polyphenol green tea that has weak activity of antioxidant and consequently has weak activity of prooxidant. Mechanism of paracetamol toxicity in *C. tropicalis* is still to be studied with emphasis on the free radical formation and drug metabolism.

**Keywords:** free radical, paracetamol, *Candida tropicalis*, catechin, green tea

### ABSTRAK

Dalam upaya untuk menggali informasi tentang kemiripan sel khamir *Candida tropicalis* dan sel mamalia dalam hal metabolisme dan toksisitas obat analgesik parasetamol, dilakukan pengamatan kemampuan khamir untuk melakukan metabolisme serta cekaman oksidasi pada sel yang diperlakukan dengan obat tersebut dan (+)-katekin. Pada sel mamalia, toksisitas parasetamol terutama diakibatkan oleh metabolit reaktif yang terbentuk dari hasil metabolisme obat oleh sitokrom P450, enzim membran dan peroksidase, yakni enzim yang terlarut. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa parasetamol mengakibatkan cekaman oksidasi sedang ekstrak air panas teh hijau dapat melindungi sel dari kerusakan oksidasi sebagian. Pada penelitian ini dapat diamati bahwa suspensi sel atau protein ekstraselular mampu melakukan metabolisme parasetamol. Hal ini menunjukkan adanya kemungkinan peran enzim yang tidak dapat dipisahkan dari sel seperti sitokrom P450 dan yang bebas terlarut seperti peroksidase dalam melakukan metabolisme parasetamol. Senyawa (+)-katekin pada konsentrasi 1 mg/ml tidak dapat menurunkan tingkat peroksidasi lipid yang diakibatkan oleh 3 mg/ml parasetamol. Pada konsentrasi 2 mg/ml, (+)-katekin tidak mengakibatkan kenaikan peroksidasi lipid, namun parasetamol 3 mg/ml atau (+)-katekin 0,1 mg/ml dapat meningkatkan aktivitas enzim superoksida dismutase. Data ini menunjukkan kemiripan sel khamir dengan sel mamalia dalam hal metabolisme atau toksisitas parasetamol. Pada penelitian ini ditunjukkan bahwa (+)-katekin sebagai salah satu kandungan teh hijau, memiliki sifat antioksidan yang lemah sehingga konsekuensinya, sifat prooksidannya juga lemah. Masih perlu dilakukan penelitian mengenai hubungan toksistas dan metabolisme parasetamol pada khamir ini.

**Kata kunci:** Radikal bebas, parasetamol, *Candida tropicalis*, katekin, teh hijau.

### PENDAHULUAN

Dalam riset proses fisiologi sel yang berkaitan dengan permasalahan reduksi dan oksidasi di tingkat sel, khamir diyakini dapat digunakan sebagai sel model yang mewakili sistem sel mamalia, mengingat pekerjaannya yang sederhana dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan penggunaan sel mamalia (Manon, 2004). Pada penelitian terdahulu, ditunjukkan bahwa parasetamol, obat analge-

sik, dapat mengakibatkan khamir *C. tropicalis* mengalami kerusakan oksidasi. Pengetahuan mengenai mekanisme toksisitas parasetamol pada sel khamir ini penting untuk mengetahui mekanisme peran senyawa antioksidan pada tingkat sel. Pada sel mamalia, toksisitas parasetamol terjadi terutama melalui pembentukan metabolit radikal bebas hasil metabolisme oleh enzim sitokrom P-450 dan peroksidase (Nelson, 1982). Khamir *C. tropicalis* diketahui

\*Diterima: 19 Mei 2011 - Disetujui: 10 Maret 2012

memiliki enzim sitokrom P-450 maupun peroksidase. Namun sejauh pengetahuan penulis, kemampuan kedua enzim ini dalam melakukan metabolisme parasetamol belum diketahui. Sitokrom P-450 pada khamir terdapat pada membran retikulum endoplasma (Liao *et al.*, 2006) sedangkan peroksidase terletak pada sitosol dan ekstraselular (Bryant and Stevens, 1998; Manfredini *et al.*, 2004; Srinivasa *et al.*, 2012).

Untuk mengetahui indikasi awal tentang peran kedua enzim ini dalam metabolisme parasetamol pada khamir, dilakukan uji kemampuan suspensi sel protein ekstraselular dalam menurunkan kadar parasetamol.

Pada penelitian sebelumnya, teh hijau dapat melindungi khamir ini dari kerusakan oksidasi akibat parasetamol. Sifat ini menunjukkan kemiripan antara sistem sel khamir dengan sel mamalia dalam hal cekaman oksidasi akibat parasetamol (Julistiono, 2011). Sifat proteksi ekstrak cair teh hijau pada sel yang mengalami cekaman oksidasi dimungkinkan karena sifat antioksidan dari kandungan polifenol teh hijau tersebut (Gramza *et al.*, 2005). Kandungan utama polifenol dari teh hijau adalah (+)-katekin (C), (-)-epikatekin (EC), (+)-gallocatekin (GC), (-)-epigallocatekin (EGC), (-)-epikatekin gallate (ECG), dan (-)-epigallocatekin gallate (EGCG) (Gramza *et al.*, 2005; Zaveri, 2006). Selanjutnya, (+)-katekin merupakan salah satu kandungan utama dari teh hijau yang berperan penting sebagai senyawa antioksidan namun aktivitasnya paling rendah dibandingkan dengan polifenol lainnya (Zaveri, 2006).

Enzim superoksida dismutase (SOD) adalah salah satu enzim yang dapat merubah oksigen radikal bebas menjadi peroksida, yang sampai sekarang masih dipertimbangkan dalam penelitian cekaman oksidasi (Babich *et al.*, 2011). Pada penelitian sebelumnya, khamir yang dikondisikan terhadap kenaikan aktivitas SOD-nya, dapat menaikkan ketahanan sel dari toksisitas etanol (Julistiono, 2006). Oleh karena itu, efek dari parasetamol atau (+)-katechin terhadap aktivitas enzim SOD juga diuji.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi awal adanya metabolisme parasetamol serta potensi aktivitas anti- dan pro-oksidan dari (+)-catechin, sebagai salah satu senyawa polifenol teh hijau, terhadap sel khamir *C. tropicalis* yang mengalami stress oksidasi parasetamol.

## **Bahan dan metoda penelitian**

### ***C. tropicalis***

Biakan khamir yang digunakan dalam penelitian ini adalah *C. tropicalis* LIPIMC 0065, merupakan koleksi Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, diisolasi dari tanah di Cepu, Jawa Tengah yang terkontaminasi dengan limbah bahan bakar minyak (Saono dan Gandjar, 1974). Bahan kimia utama yang digunakan adalah Parasetamol (Brataco Chemika), (+)-catechin (Sigma) 1,1, 3,3 – Tetraethoxypropane, TMP (Sigma), Thiobarbituric Acid (TBA) Sigma Aldrich, Trichloro Acetic Acid, TCA (Merck).

### **Media dan pertumbuhan khamir**

#### ***Media pertumbuhan dan penghitungan kepadatan sel khamir***

Khamir ditumbuhkan pada media YMB (Yeast Malt Broth). Media sebanyak 1 liter mengandung 3 g ekstrak ragi, 3 g ekstrak *malt*, 5 g bacto pepton, 10 g glukosa dan 1 L akuades. Khamir ditumbuhkan pada 100 ml media dalam Erlenmeyer 300 ml, digoyang pada kecepatan 100 rpm, pada suhu ruang. Kurva pertumbuhan khamir dibuat dengan mengukur kepadatan khamir pada setiap 6 jam. Kepadatan diukur dengan mengukur suspensi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 600 nm, mengacu pada metoda Lunde and Kubo (2000). Sedangkan media untuk penghitungan viabilitas sel khamir adalah YMA (Yeast Malt Agar). Komposisi media YMA sama seperti YMB, namun ditambahkan agar 20 g. Kepadatan sel dinyatakan dalam CFU (*colony forming unit*)/ml.

### **Penyiapan suspensi sel dan perlakuan**

Suspensi sel disiapkan dari biakan yang dipanen pada awal fase stasionair, kemudian disentri-

fugasi pada 5500 g selama 10 menit. Pelet kemudian dicuci dua kali dengan larutan bufer fosfat 0,05 M pH 7. Pellet berasal dari dua tabung Erlenmeyer masing-masing berisi 100 ml media, dijadikan satu kemudian ditambah larutan bufer sampai volume suspensi mencapai 12,5 ml. Sebanyak 0,9 ml suspensi sel, dipipet kedalam tabung reaksi kecil (10 cm, diameter 1,5 ml), kemudian ditambahkan larutan parasetamol dan/atau (+)-katekin hingga volume mencapai 1 ml. Inkubasi pada suhu ruang dengan kecepatan pengocokan 100 rpm.

#### Penyiapan lisat untuk pengukuran SOD

Setelah inkubasi, suspensi sel (1 ml) disentrifugasi pada kecepatan 5500 g selama 5 menit. Pelet dicuci dua kali dengan larutan bufer fosfat 0,067 M pH 7,8 mengandung 0,1 M EDTA, kemudian disuspensikan dalam larutan yang sama dengan menambahkannya pada pelet sampai volume 0,5 ml.

Pemecahan sel dilakukan dengan “glass bead” berdiameter 0.5 mm dan 0,1 mm. Pada tabung eppendorf 1.5 ml, ditambahkan “glass bead” sekitar  $\frac{3}{4}$  volume dari tabung, selebihnya diisi dengan suspensi sel. Tabung digoyang menggunakan mini mixer selama 2 jam. Setiap 10 menit dilakukan pendinginan sel dengan meletakkan tabung pada wadah berisi es selama 1 menit. Setelah perusakan sel, tabung disentrifugasi pada 3300 g selama 5 menit. Supernatan yang merupakan lisat diambil (dipisahkan) untuk dianalisis berat protein dan aktivitas enzim SOD-nya. Kandungan protein diukur dengan metode Bradford dengan standar *Bovine Serum Albumin* (BSA) (Bradford, 1976). Protein diukur dengan spektrofotometer pada  $\lambda$  maksimum 595 nm.

#### Penyiapan protein ekstraselular

Protein ekstraselular sel untuk studi metabolisme parasetamol oleh enzim terlarut disiapkan melalui tahapan yang sama seperti pada penyiapan suspensi untuk lisat, namun menggunakan larutan bufer fosfat 0,05 M pH 7. Setelah diperoleh suspensi sebanyak 0,5 ml, suspensi disentrifugasi pada 8000 g

selama 5 menit. Supernatan diambil dengan tidak mengikutkan sel. Kandungan protein ekstraselular diukur dengan metoda Bradford (1976).

#### Pengukuran Peroksidasi lipida.

Peroksidasi lipida diukur dengan mengukur malon dialdehid (MDA) yang terbentuk, mengacu pada metoda Ray *et al.*, (2002) yang dimodifikasi. Setelah 1 jam inkubasi, suspensi (1 ml) ditambah 0.8 ml TCA 75%, lalu ditambah 1,5 ml TBA 0,67 % dan dihomogenkan dengan vortex, kemudian dipanaskan pada suhu 95°C selama 1 jam. Suspensi didinginkan dan disentrifugasi pada kecepatan tinggi (2000 rpm) selama 5 menit. Supernatan dibaca dengan spektrofotometer pada 532 nm. Konsentrasi MDA ditentukan dengan membandingkannya dengan kurva standar MDA. MDA disiapkan sesuai metoda Tsaknis *et al.* (1999) dari TMP. (1,1, 3,3 – Tetraethoxypropane).

#### Pengukuran aktivitas enzim SOD total.

Aktivitas enzim superoksida dismutase total diukur menggunakan metode Winterbourn *et al.* (1975) berdasarkan kemampuan penghambatan reduksi nitroblue tetrazolium oleh enzim yang akan diukur. Supernatan yang didapat setelah pemecahan sel dimasukkan ke dalam tabung yang mengandung 0,2 ml EDTA 0,1 M, 0,2 ml nitroblue tetrazolium 1,5 mM, 0,05 ml sampel serta larutan bufer fosfat 0.067 M pH 7,8 sampai volume totalnya 3 ml. Tabung-tabung tersebut ditempatkan pada kotak kayu tertutup (agar suhu serta cahaya stabil) dan di dalamnya diletakkan lampu fluoresen 20 watt. Campuran reaksi diinkubasi selama 1 menit untuk mencapai temperatur standar, kemudian ditambahkan 0,05 ml riboflavin 0,12 mM dan diinkubasi kembali dalam kotak ; tiap menit diukur absorbannya pada panjang gelombang 560 nm. Pengukuran dihentikan setelah diperoleh nilai absorbansi yang konstan. Aktivitas enzim sebesar 1 unit merupakan kemampuannya dalam mengkatalisis reaksi  $O_2^-$  dan  $H_2O$  menjadi  $H_2O_2$  ditentukan secara arbitrase yakni menghambat separuh NBT yang tereduksi.

### Pengukuran parasetamol

Kandungan parasetamol dalam suspensi sel maupun protein ekstraselular diukur menggunakan HPLC (Shimadzu LC 20 AB), kolom C18 Supelco Ascentis, fase gerak metanol 80% (v/v) dan air 20% (v/v), kecepatan alir 0,5 ml/menit, suhu oven 40°C, panjang gelombang 254 nm.

## HASIL

### Kurva Pertumbuhan

Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, pertumbuhan khamir mulai mencapai fase stasionair pada jam ke-24. Untuk digunakan dalam penelitian selanjutnya, sel dipanen ketika pertumbuhan telah mencapai pada jam ke-24, karena diperkirakan pada fase ini kepadatan sel mencapai puncaknya dan kon-

tak antara sel dengan alkohol yang terbentuk belum lama terjadi sehingga metabolisme alkohol bisa dihindari.

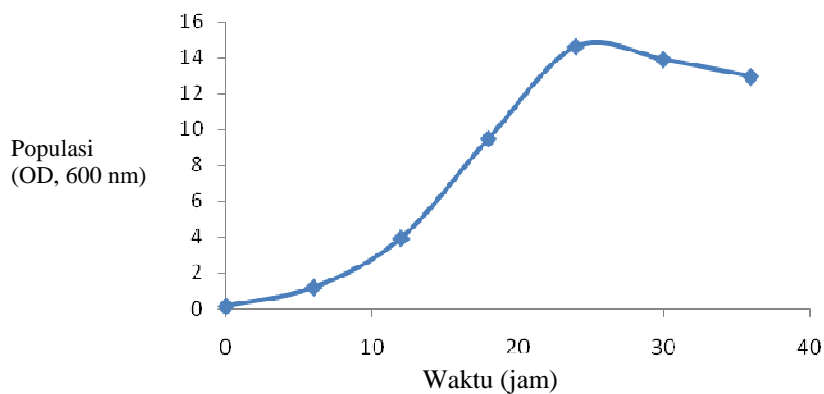
### Metabolisme parasetamol

#### Penurunan kadar parasetamol pada suspensi sel

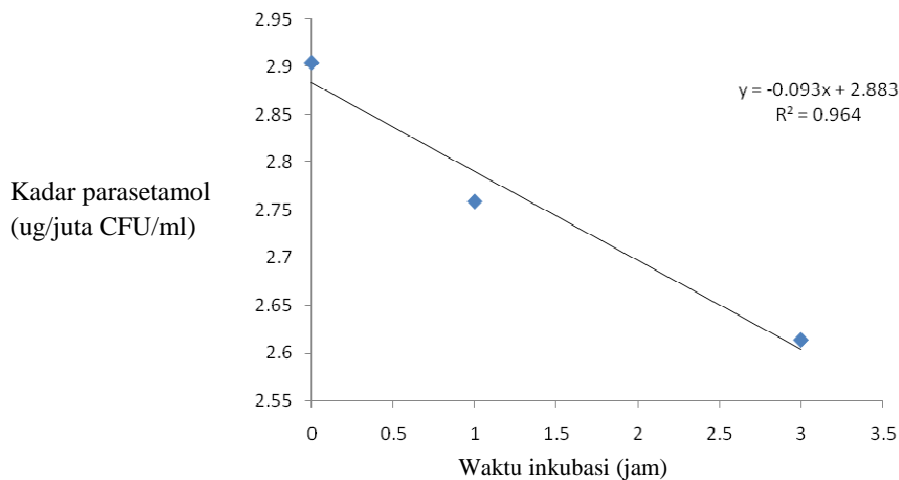
Kemampuan suspensi sel untuk menurunkan kadar parasetamol ditunjukkan pada gambar 2. Pada grafik tersebut terlihat bahwa kecepatan penurunan parasetamol masih berada pada fase eksponensial sampai pada jam ke-3 ( $R^2=0,9643$ ), yakni sebesar  $0,0943 \mu\text{g}/10^6 \text{CFU}/\text{jam}$ .

#### Penurunan kadar parasetamol pada protein ekstraselular

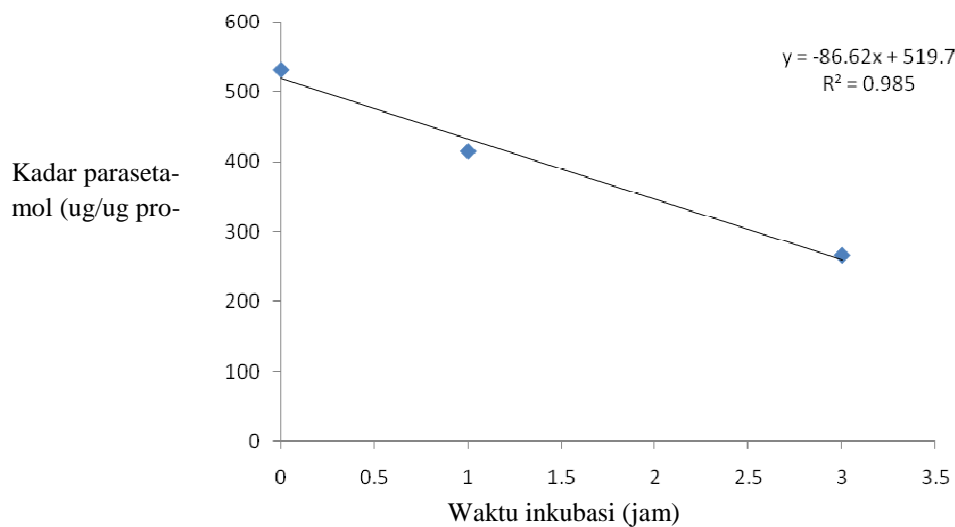
Pada Gambar 3 terlihat bahwa protein ekstraselular juga mampu menurunkan kadar parasetamol



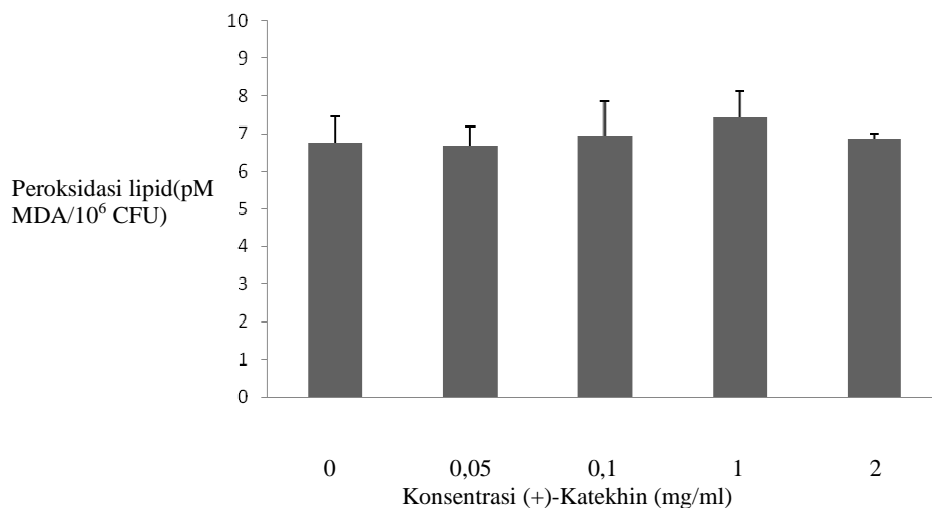
Gambar 1. Kurva pertumbuhan khamir *C. tropicalis*



Gambar 2. Grafik penurunan kadar parasetamol pada suspensi sel



Gambar 3. Kurva penurunan kadar acetaminophen pada protein ekstraselular



Gambar 4. Pengaruh konsentrasi (+)-Katekin terhadap peroksidasi lipida

Tabel 1. Efek Parasetamol dan/atau (+)-Katekin terhadap lipid terperoksidasi

Perlakuan	Lipid terperoksidasi (pM MDA/10 <sup>6</sup> CFU)
Kontrol	6,17 ± 0,45 a*)
(+)-Katekin 0,1 mg/ml	6,95 ± 0,53 a
Parasetamol 3 mg/ml	9,14 ± 0,24 b
Parasetamol 3 mg/ml dan (+)-Katekin 0,1 mg/ml	8,71 ± 0,49 b

\*)Angka yang diikuti dengan huruf yang tidak sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 5%

**Tabel 2.** Efek Parasetamol dan/atau (+)-Katekin terhadap aktivitas enzim SOD

Perlakuan	Aktivitas enzim SOD (Unit/g protein)
Kontrol	38,7 ± 1,0 a *)
(+)-Katekin 0,1 mg/ml	81,6 ± 0,00 b
Parasetamol 3 mg/ml	92,8 ± 0,01 b
Parasetamol 3 mg/ml dan (+)-Katekin 0,1 mg/ml	97,6 ± 0,00 b

\*)Angka yang diikuti dengan huruf yang tidak sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 5%

mol secara eksponensial sampai paling tidak pada jam ke-3 ( $R^2=0,9854$ ) dengan kecepatan penurunan sebesar 86,626  $\mu\text{g}/\mu\text{g}$  protein/jam.

#### Efek (+)-catechin terhadap kandungan MDA

Efek (+)-catechin terhadap kandungan MDA sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3. Sampai pada konsentrasi 2 mg/ml, (+)-catechin tidak berpengaruh terhadap kenaikan kandungan MDA, atau tidak bersifat prooksidan. Untuk uji anti-oksidan selanjutnya dipilih konsentrasi 0,1 mg/ml, mengingat penelitian sebelumnya pada konsentrasi tersebut, ekstrak teh hijau menunjukkan kemampuan dalam menurunkan kadar MDA pada sel yang diperlakukan dengan parasetamol 3 mg/ml (Julistiono, 2011).

#### Efek (+)-catechin terhadap kandungan MDA pada sel yang diperlakukan dengan parasetamol

Pada sel yang diperlakukan dengan parasetamol 3 mg/ml, kandungan MDA meningkat yang menandakan adanya cekaman oksidasi akibat parasetamol. Namun keberadaan (+)-katekin sebesar 0,1 mg/ml tidak dapat menurunkan kandungan MDA akibat parasetamol, menandakan bahwa (+)-katekin tidak memiliki aktivitas antioksidan pada kondisi tersebut (tabel 1).

#### Efek parasetamol atau (+)-catechin terhadap aktivitas SOD total

Aktivitas SOD total disajikan pada tabel 2. Sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2 tersebut, parasetamol atau (+)-catechin dapat menaikkan aktivitas SOD total, meskipun dalam jumlah yang kecil.

## PEMBAHASAN

Mekanisme keracunan parasetamol pada *C. tropicalis* baru teridentifikasi dari adanya cekaman oksidasi yang ditandai dengan naiknya kandungan MDA. Namun proses yang lebih rinci belum dapat diketahui. Pada sel mamalia, cekaman oksidasi dimungkinkan karena terbentuknya metabolit radikal bebas ketika parasetamol mengalami metabolisme secara enzimatik. Sitokrom P-450 merupakan enzim yang biasanya terdapat pada membran retikulum endoplasma, merupakan enzim penting pada proses metabolisme parasetamol yang menghasilkan radikal bebas (Nelson, 1982). Namun Kapiotis *et al.* (1997) kemudian menunjukkan bahwa metabolisme parasetamol oleh enzim terlarut pada sitosol, myeloperoksidase, pada sel manusia menimbulkan radikal bebas, yakni dengan terbentuknya parasetamol radikal bebas.

Mengingat kemampuan protein ekstraselular *C. tropicalis* yang dapat menurunkan kandungan parasetamol, maka adanya enzim yang terlarut pada sitosol *C. tropicalis* kemungkinan dapat berperan dalam melakukan metabolisme parasetamol. Terbentuknya radikal bebas oleh senyawa asing tidak hanya terjadi karena mekanisme metabolisme senyawa tersebut. Pada bakteri, senyawa asing dapat langsung mengakibatkan terbentuknya radikal bebas karena memacu oksidasi NADH melalui rantai transportasi elektron pada system respirasi, sehingga terbentuk radikal bebas superoksida ( $\text{O}_2^-$ ) (Kohanski *et al.*, 2010).

Pada penelitian sebelumnya, ekstrak cair teh hijau sebanyak 0,1 mg/ml dapat menurunkan kandungan MDA pada *C. tropicalis* yang diperlakukan



dengan parasetamol (Julistiono, 2011). Sedang pada konsentrasi 1 mg/ml, sifat antioksidan ekstrak teh hijau berubah menjadi prooksidan karena mengakibatkan naiknya kandungan MDA. Pada penelitian ini, (+)-catechin sampai pada konsentrasi 2 mg/ml tidak bersifat prooksidan, sedangkan (+)-catechin hanya merupakan salah satu senyawa golongan polifenol yang terkandung dalam ekstrak teh hijau. Hirasawa dan Takada (2004) menunjukkan bahwa pada khamir *C. albicans*, (+)-catechin merupakan senyawa katekin dari teh hijau yang toksisitasnya paling rendah. EGCG merupakan senyawa katekin teh hijau yang paling toksik tetapi sifat antioksidannya tinggi. Dari data ini, terlihat bahwa senyawa katekin yang sifat prooksidannya rendah, potensi antioksidannya juga rendah. Hal ini dimungkinkan karena sifat antioksidan melalui penjerapan elektron bisa terjadi karena senyawa antioksidan dapat mendonasikan elektronnya. Namun, kemudahan donasi elektron ini menyebabkan mudahnya autooksidasi senyawa antioksidan tersebut sehingga mengakibatkan radikal bebas yang baru (sifat prooksidan) (Cotelle, 2001).

SOD adalah salah satu enzim antioksidan yang berperan dalam mendismutasi superoksida ( $O_2^-$ ) menjadi hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ). Pada penelitian ini, aktivitas SOD sedikit meingkat karena keberadaan parasetamol atau (+)-katekin. Maeta *et al.* (2007) menunjukkan bahwa EGCG dan ekstrak katekin teh hijau menyebabkan munculnya  $H_2O_2$  dan mengakibatkan stress oksidasi, sehingga mengaktivasi Faktor Transkripsi Respons Cekaman Oksidasi pada dua jenis khamir, *S. cerevisiae* dan *Schizosaccharomyces pombe*. Kemudian Dani *et al.* (2008) menunjukkan bahwa pada *S. cerevisiae*, toksisitas  $H_2O_2$  yang terbentuk akibat keberadaan polifenol teh dapat diperkecil oleh enzim katalase. Sedang pada lalat buah, polifenol teh hijau menginduksi SOD dan katalase (Li *et al.*, 2007). Hal ini mengindikasikan bahwa baik parasetamol maupun (+)-katekin sebenarnya merangsang sel khamir untuk menyiapkan sistem perahanan sel terhadap cekaman oksidasi, namun hal itu tidak cukup untuk

menghindari terjadinya serangan radikal bebas.

## KESIMPULAN

Pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa selain sel, protein ekstraselular khamir *C. tropicalis* mengandung enzim yang mampu memetabolisme parasetamol. Parasetamol 3 mg/ml mengakibatkan sel khamir mengalami cekaman oksidasi. Namun keracunan tersebut yang diakibatkan oleh metabolit radikal bebas hasil metabolisme parasetamol seperti pada sel mamalia, belum teramati. Parasetamol atau (+)-katekin dapat menginduksi SOD tetapi belum cukup untuk melindungi sel dari cekaman oksidasi. (+)-katekin tidak menunjukkan sifat anti- atau pro- oksidan terhadap sel khamir yang diujikan, dibanding ekstrak teh hijau secara keseluruhan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung dan didanai oleh Proyek Penguatan Manajemen *culture collection* untuk mendukung Biological Resources Center berbasis mikroba, P2B LIPI dan *Project on Improvement of Collection Management and Biodiversity Research Capacity of Research Center for Biology, Indonesian Institute of Sciences - JICA*. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Rini Nuraini, Ernawati, Nia Pintaomas, atas bantuan teknisnya serta Resti dan Maman Rahmansah atas bantuannya dalam melakukan editing.

## DAFTAR PUSTAKA

- Babich H, AG Schuck, JH Weisburg and HL Zuckerbraun.** 2011. Research strategies in the study of the pro-oxidant nature of polyphenol nutraceuticals. *J Toxicol.* **46**, 7305. Epub 2011 Jun 26.
- Bradford M.** 1976. A rapid and sensitive method for the quantization of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry* **72**, 248-252.
- Bryant NJ and TH Stevens.** 1998. Vacuole Biogenesis in *Saccharomyces cerevisiae*: Protein Transport Pathways to the Yeast Vacuole. *Microbiology and Molecular Biology Reviews* **62**, 230-247
- Cotelle N.** 2001. Role of flavonoids in oxidative stress. *Current Topics in Medicinal Chemistry* **1**, 569-590.
- Dani C, D Bonatto, M Salvador, MD Pereira, JA Henriques and E Eleutherio.** 2008. Antioxidant protection of resveratrol and catechin in *Saccharomyces cerevisiae*. *J Agric Food Chem.* **56**, 4268-5272.

- Gramza A, J Korczak and R Amarowicz. 2005.** Tea polyphenol –their antioxidant properties and biological activity – A Review. *Pol. J. Food Nutr.Sci.* **14**, 219–235.
- 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.
- Julistiono H. 2006.** Superoxide dismutase and ethanol resistance by sodium chloride and lead in yeast *Candida* Y390. *Jurnal Biologi Indonesia* **4**, 1-7
- Julistiono H. 2011.** Sifat proteksi ekstrak air panas teh hijau (*Camellia sinensis*) pada khamir *Candida tropicalis* yang diperlakukan dengan paracetamol. *Berita Biologi* **10**, 763-770.
- 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.
- Kohanski, MA, D. Dwyer and JJ Collins. 2010.** How antibiotics kill bacteria: from targets to networks. *Nat Rev Microbiol.* **8**, 423-435.
- Li YM, HY Chan, Y Huang, ZY Chen. 2007.** Green tea catechins upregulate superoxide dismutase and catalase in fruit flies. *Mol. Nutr. Food Res.* **51**, 546-554.
- Liao M, S Faouzi, A Karyakin and MA Correia. 2006.** Endoplasmic Reticulum-Associated degradation of cytochrome P450 CYP3A4 in *Saccharomyces cerevisiae*: further characterization of cellular participants and structural determinants. *Molecular Pharmacology* **69**, 1897-1904.
- Lunde CS and I Kubo. 2000.** Effect of polygodial on the mitochondrial ATPase of *Saccharomyces cerevisiae*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* **44**, 1943-1953.
- 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
- Manfredini V, R Roehrs, MC Peralba, JA Henriques, J Saffi, AL Ramos and MS Benfato. 2004.** Glutathione peroxidase induction protects *Saccharomyces cerevisiae* sod1deltasod2delta double mutants against oxidative damage. *Braz. J. Med. Biol Res.* **37**, 159-165.
- Manon S. 2004.** Utilization of yeast to investigate the role of lipid oxidation in cell death. *Antioxidants & Redox Signaling* **6**,259-267.
- Nelson SD. 1982.** Metabolic activation and drug toxicity. *J. Med. Chem.* **25**, 753-765.
- 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
- Srinivasa K, NR Kim, J Kim, M Kim, JY Bae, W Jeong, W Kim and W Choi. 2012.** Characterization of a putative thioredoxin peroxidase prx1 of *Candida albicans*. *Mo. Cells.* **33**, 301-307.
- Tsankis, J, S Lalas and E Evmorfopoulos. 1999.** Determination of malondialdehyde in traditional fish products by HPLC. *Analyst.* **124**, 843–845.
- Winterbourn C, R Hawkins, M Brian and R Carrel. 1975.** The estimation of red cell superoxide dismutase activity. *J. Lab. Clin. Med.* **85**, 337-341.
- Zaveri NT. 2006.** Green tea and its polyphenolic catechins: Medicinal uses in cancer and noncancer applications. *Life Sciences* **78**, 2073–2080.