

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 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, Budiarmo

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

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 antarpeleliti 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 (*Septoteuthis 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 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 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 Mogeja (*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 Subandryono (*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

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] <i>Nuril Hidayati</i>	73
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] <i>Tri Murningsih</i>	85
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] <i>Suyadi, I Nengah Surati Jaya, Antonius B Wijanarto and Haryo Tabah Wibisono</i>	93
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] <i>Syamsul Hidayat, Sri Rahayu dan Kartika Ningtyas</i>	103
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] <i>Wirdateji</i>	111
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 <i>T Yulinery dan N Nurhidayat</i>	119
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] <i>Heddy Julistiono</i>	131

**POTENSI *Enterolobium cyclocarpum* (Willd.) Griseb DAN *Centrosema pubescens* Benth. SEBAGAI AKUMULATOR PENCEMAR MERKURI*
[POTENCY OF *Enterolobium cyclocarpum* (Willd.) Griseb AND *Centrosema pubescens* Benth. AS MERCURY ACCUMULATORS]**

Nuril Hidayati

Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Cibinong Science Center
Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911
e-mail:criancht@yahoo.co.id

ABSTRACT

Some plant species growing in the contaminated areas, indicated high tolerance and potentially affective in accumulating pollutants. These plants can be utilized as hyper accumulators for cleaning up contaminated sites. This research aims to examine plants that grow under Hg contaminated media and to analyze their potency as hyper accumulators. Two pioneer plant species *Enterolobium cyclocarpum* (Willd.) Griseb and *Centrosema pubescens* Benth. that proven tolerant and dominant at contaminated sites of gold mine were examined in this research. The plants were grown in liquid media added with mercury (HgCl₂) with different level of concentrations 0 ppm, 10 ppm and 20 ppm. Chelate Ammonium Thiosulphate [(NH₄)₂S₂O₃] was added with concentration levels of 0 ppm and 20 ppm. Plant performances, cellular responses, Hg accumulation in the plant were assessed. The results revealed that the growth of both plant species decreased with the increase of Hg contamination level. The presents of chelating agent improved adaptability of the plants, indicated by the increase of biomass production and Hg content in the plants, even at the highest level of Hg concentration (20 ppm). Cellular responses showed at 20 ppm Hg, indicated by the decrease of both the number and the size of epidermis and pith cells. Accumulation of Hg in the plants increased with the increased of Hg concentration in the media. Mercury accumulation in both plant species were more concentrated in the root system rather than the shoot.

Key words: Contamination, hyperaccumulator, mercury, plants, phytoremediation.

ABSTRAK

Banyak tumbuhan menunjukkan toleransi yang tinggi dan tumbuh dengan baik di lingkungan tercemar. Sejumlah spesies tumbuhan memiliki kemampuan mengakumulasi polutan sehingga berpotensi sebagai hiperakumulator untuk membersihkan lingkungan yang tercemar. Penelitian bertujuan mempelajari potensi dua jenis tumbuhan pionir *Enterolobium cyclocarpum* (Willd.) Griseb dan *Centrosema pubescens* Benth. untuk membersihkan lahan tercemar merkuri (Hg) di lingkungan penambangan emas. Untuk mengetahui daya adaptasi tanaman dan potensinya dalam mengakumulasi Hg, tanaman diuji dengan berbagai konsentrasi Hg. Kelat diberikan untuk membantu meningkatkan daya adaptasi dan daya serap Hg pada tanaman. Tanaman ditumbuhkan pada media cairan hogland dengan diberi perlakuan kontaminasi Hg dengan tingkat 0 ppm, 10 ppm dan 20 ppm. Kelat Amonium tiosulfat diberikan pada media tanaman dengan pembandingan tanpa kelat. Performan pertumbuhan tanaman, respon sel dan serapan Hg pada tanaman diukur sebagai parameter. Pertumbuhan kedua jenis tanaman menurun dengan meningkatnya kontaminasi Hg. Pertumbuhan tanaman pada perlakuan kelat lebih baik dibandingkan tanaman tanpa kelat, termasuk pada perlakuan Hg 20 ppm. Respon sel terlihat pada perlakuan Hg 20 ppm yakni ditunjukkan oleh menurunnya jumlah dan ukuran sel baik sel epidermis maupun pith. Serapan Hg lebih banyak terkonsentrasi pada akar tanaman dibandingkan tajuk. Serapan Hg lebih tinggi pada tingkat kontaminasi Hg yang lebih tinggi.

Kata kunci: Pencemar, hiperakumulator, merkuri, tanaman, fitoremediasi.

PENDAHULUAN

Selain berasal dari proses alamiah, masuknya logam berat ke suatu lingkungan juga dapat berasal dari sumber-sumber lainnya seperti pertambangan, residu agrokimia, industri dan limbah rumah tangga. Di beberapa negara Asia, kontaminasi logam berat telah tersebar secara meluas seperti yang dilaporkan oleh team survey dari Asia Arsenic Network (AAN). Kontaminasi ini akan terus meningkat sejalan dengan meningkatnya usaha eksploitasi berbagai sumber alam di mana logam berat terkandung di dalamnya (Widle and Benemann, 1993). USEPA (U.S. Environmental Agency) mendata ada 13 logam berat yang merupakan elemen utama polusi yang berbahaya dan salah satunya adalah merkuri. Beberapa logam berat,

seperti arsenik, timbal, kadmium dan merkuri pada kenyataannya berbahaya bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Walaupun pada konsentrasi yang rendah logam berat dapat berpengaruh pada rantai makanan (Nora *et al.*, 1998; Novotny, 1995; Wainwright, 1992).

Pencemaran merkuri merupakan masalah yang makin meluas akibat dari berbagai penggunaan dalam aktivitas manusia, diantaranya digunakan dalam proses *bleaching* (produksi klorin, kertas, tekstil), sebagai katalis, pigmen untuk cat dan penambangan emas. Pada penambangan emas rakyat merkuri digunakan dalam proses amalgamasi dengan cara tradisional dan limbahnya terbuang begitu saja sehingga menimbulkan pencemaran yang meluas ke lingkungan sekitarnya, termasuk sungai dan lahan

*Diterima: 19 April 2011 - Disetujui: 10 September 2011

pertanian (sawah).

Merkuri (Hg) mengalami serangkaian reaksi kimia dan transformasi fisik yang kompleks dalam siklusnya di atmosfer, tanah dan air. Merkuri mengalami transformasi fisik seperti pencucian, erosi dan penguapan serta mengalami transformasi biokimia seperti metilasi dan reduksi fotokimia. Mobilisasi Hg dapat terjadi melalui reaksi pertukaran dengan ligan yang mengandung sulfur dan ion klorida, mengakibatkan naiknya kelarutan Hg di dalam larutan tanah. Di tanah tropis, Hg berikatan dengan besi dan Al-oksihidroksida dan dapat dimobilisasi dari permukaan tanah melalui aliran air dan erosi. Merkuri menjadi berbahaya karena dapat teroksidasi menjadi Hg^{2+} oleh sistem biologi dan dapat tercuci ke aliran air sehingga mencemari lingkungan dan terakumulasi pada makhluk hidup dalam bentuk metilmerkuri (CH_3Hg^+), dimetilmerkuri ($(CH_3)_2Hg^{2+}$) atau garam organomerkuri. Sekali terbentuk metil merkuri ini jumlahnya terus bertambah dan pada top predator seperti ikan, konsentrasinya dapat mencapai jauh di atas batas aman untuk dikonsumsi manusia (Moreno *et al.*, 2005a; Moreno *et al.*, 2005b).

Salah satu cara untuk mengatasi masalah pencemaran oleh merkuri dengan mudah dan murah adalah dengan fitoremediasi, yakni menggunakan tumbuhan hijau yang berfungsi sebagai akumulator merkuri. Fitoremediasi didefinisikan sebagai pencucian polutan yang dimediasi oleh tumbuhan berfotosintesis (Chaney *et al.*, 1995).

Fitoekestaksi merkuri dapat terjadi karena ion-ion merkuri (Hg) termasuk kelompok ion yang *mobile* sehingga lebih mudah untuk ditranslokasi ke tajuk tanaman. Merkuri (Hg^{2+}) merupakan ion yang mudah untuk disimpan di dalam tempat-tempat penyimpanan seperti vakuola sub seluler, sel epidermal daun dengan kapasitas yang tinggi pada tanaman hiperakumulator. Dalam fitoekestaksi merkuri dideteksi adanya transporter-transporter spesifik diantaranya *gluthione conjugates* sebagai transporter merkuri yang berfungsi memompa ion-ion Hg ke dalam vakuola (Meagher and Heaton, 2005; Moreno *et al.*, 2005a; Moreno *et al.*, 2005b).

Sejumlah tumbuhan terbukti memiliki sifat toleran, yakni dapat mentolelir merkuri dengan konsentrasi tinggi pada akar dan tajuknya serta dapat menyerap dan mengakumulasi merkuri dengan konsentrasi tinggi pada akar dan tajuknya (Chaney *et al.*, 1995). Banyak jenis tanaman yang tumbuh di areal penambangan emas yang terkontaminasi merkuri terbukti toleran dan mampu mengakumulasi merkuri dalam jumlah yang tinggi. Jenis-jenis tumbuhan tersebut diantaranya *Paspalum*

conjugatum, *Cyperus monocephala*, *Ipomoea batatas*, *Zingiber sp.*, *Caladium*, *Digitaria radicata* (Presl) miq, *Commelina nudiflora* dan *Lindernia crustacea Centrosema pubescens*. Potensi ini dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk membersihkan lingkungan yang tercemar merkuri dengan teknologi fitoremediasi (Hidayati *et al.*, 2008; Juhaeti *et al.*, 2010).

Efektivitas fitoekestaksi dapat ditingkatkan dengan memperbaiki faktor internal yakni potensi genetik dan fisiologis tanaman ataupun faktor eksternal seperti aplikasi kelat, manipulasi pH, pemupukan serta aplikasi mikroba seperti bakteri pendegradasi ikatan kimia dari polutan. Diantara perlakuan eksternal yang banyak diterapkan adalah aplikasi mikroba pendegradasi dan kelat.

Kelat ammonium tiosulfat dapat meningkatkan penyerapan unsur N dan S dalam tanah. Ketika pH tanah mendekati titik netral, sebagian besar ammonium tiosulfat akan dioksidasi secara heterotropik oleh bakteri. Akumulasi produk dari heterotropik ammonium tiosulfat dapat menurunkan pH untuk efisiensi tingkat keasaman tanah. Dengan demikian unsur hara dalam tanah dapat diserap secara efisien dan tumbuhan dapat memenuhi kebutuhan zat-zat atau unsur-unsur mineral. Diantara kelat yang terbukti efektif untuk merkuri adalah *Ammonium thiosulfate* $[(NH_4)_2S_2O_3]$ yang berbentuk kristal putih dan larut dalam air (Anonim, 2008). Selain kelarutan dalam air yang besar, ammonium tiosulfat juga mudah larut dalam etanol (95%) dan digunakan sebagai pereaksi (Susanti, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengungkap potensi Tanaman *Elaeocarpus cyclocarpa* dan *Centrosema pubescens* sebagai alternatif akumulator merkuri dan efektivitas aplikasi kelat amonium tiosulfat dalam meningkatkan toleransi dan serapan merkuri pada tanaman.

BAHAN DAN METODA

Penelitian serapan merkuri (Hg) dengan aplikasi kelat menggunakan tanaman *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* pada media hoagland dilaksanakan di rumah kaca dan Laboratorium Fisiologi Stres, Pusat Penelitian Biologi LIPI Cibinong.

Bahan hidup tanaman yang digunakan yaitu *Enterolobium cyclocarpum* (Sengon buto) dan *Centrosema pubescent* (Sentro) berupa biji yang disemai pada media pasir steril kemudian ditanam pada media larutan Hoglan dalam botol kaca. Masing-masing botol berisi 300 ml media. Setelah penanaman dilakukan aklimatisasi selama 2 minggu,

setelah itu baru diberikan perlakuan penambahan merkuri (Hg) pada media tanam dengan konsentrasi yang berbeda dan penambahan kelat. Sengon buto (T1) dan *Centrosema pubescent* (T2) ditanam pada media Hoaglan dengan penambahan Hg 0 ppm (H0), 10 ppm (H1), dan 20 ppm (H2). Merkuri yang digunakan adalah HgCl_2 . Logam HgCl_2 yang berbentuk kristal diencerkan untuk mendapatkan konsentrasi 0 ppm (H0), 10 ppm (H1), dan 20 ppm (H2) untuk ditambahkan pada media tanam. Perlakuan penambahan kelat yaitu dengan kelat 20 ppm (K1) dan tanpa (K0). Kelat diberikan dalam bentuk Ammonium tiosulfat $[(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3]$. Ammonium tiosulfat yang berbentuk padatan dilarutkan untuk mendapatkan konsentrasi 20 ppm. Penelitian dirancang dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan dan tiga ulangan.

Pengukuran parameter pertumbuhan dilakukan setiap minggu. Parameter yang diukur antara lain pertumbuhan tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, berat basah akar dan tajuk, dan berat kering akar dan tajuk. Pengamatan terhadap gejala keracunan Hg secara anatomi (pertambahan jumlah sel) dan morfologi (penghambatan pertumbuhan rambut akar); pengamatan distribusi Hg pada jaringan tanaman dilakukan melalui pembuatan preparat, dan analisis kandungan merkuri pada akar/tajuk dianalisis menggunakan *Mercury Analyzer* di Laboratorium Ekologi, Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI Cibinong. Untuk analisis kandungan merkuri,

sampel didestruksi terlebih dahulu kemudian dilakukan pembacaan kandungan merkuri.

Pembuatan Media Cair Hoaglan

Tiga puluh Enam botol kaca diisi dengan media Hoagland masing-masing sebanyak 300 ml. Penyiraman dengan media Hoagland dilakukan setiap dua hari sekali sebanyak 5 ml selama 30 hari.

Kebutuhan Hoaglan untuk media = $36 \times 300 \text{ ml} = 10800 \text{ ml}$.

Kebutuhan Hoaglan untuk penyiraman = $5 \text{ ml} \times 36 \times 15 \text{ (hari)} = 2700 \text{ ml}$

Total kebutuhan Hoaglan = $10800 \text{ ml} + 2700 \text{ ml} = 13500 \text{ ml} = 13,5 \text{ Liter Hoagland}$

Cara menyiapkan larutan Hoagland

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \text{ 1 M} = 23,615 \text{ g/100 ml } 59,0375 \text{ g/250 ml}$

$\text{KNO}_3 = 10,111 \text{ g/100 ml } 25,2775 \text{ g/250 ml}$

$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} = 12,324 \text{ g/50 ml } 24,648 \text{ g/100 ml}$

$\text{KH}_2\text{PO}_4 = 6,8045 \text{ g/50 ml } 13,609 \text{ g/100 ml}$

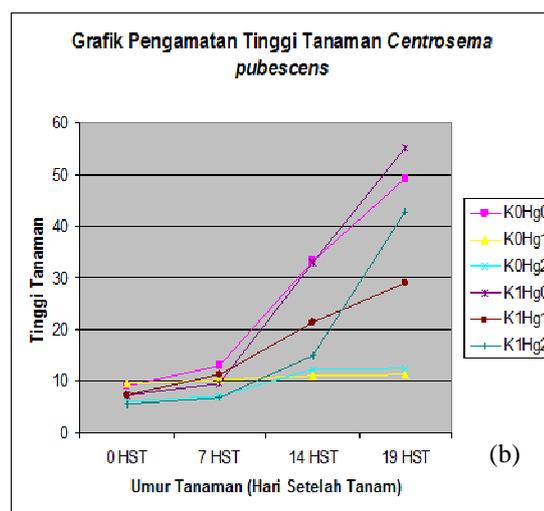
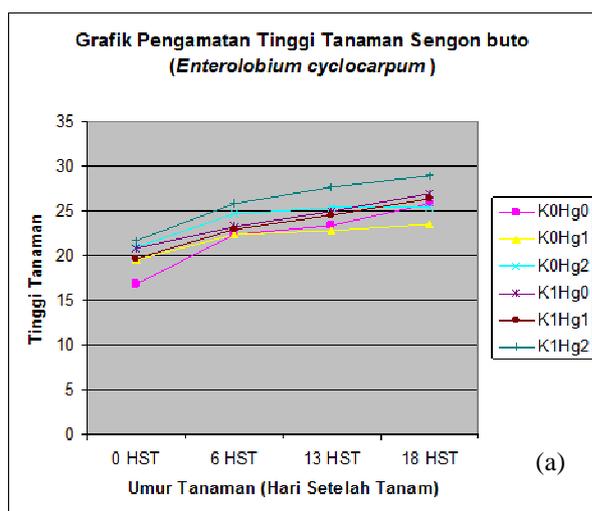
$\text{FeEDTA} = 0,3286 \text{ g/100 ml}$

HASIL

Performan Tanaman

Tinggi Tanaman

Hasil pengukuran tinggi tanaman Sengon buto dan Sentro pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri dan aplikasi kelat dilakukan periodik selama empat minggu (minggu pertama merupakan minggu aklimasi dan minggu berikutnya adalah minggu setelah pemberian perlakuan tingkat konsentrasi merkuri dan pemberian kelat).



Keterangan: K0: Tanpa kelat; K1: Dengan kelat; Hg0: Penambahan Hg 0 ppm; Hg1: 10 ppm; Hg2: 20 ppm.

Gambar 1. Tinggi tanaman *Enterolobium cyclocarpum* (a) dan *Centrosema pubescens* (b) pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri (Hg) dan kelat (K)

Gambar 1a menunjukkan bahwa pertambahan tinggi tanaman *Enterolobium cyclocarpum* tertinggi adalah tanaman dengan perlakuan pemberian Hg 20 ppm dengan penambahan kelat (K1Hg2) disusul dengan perlakuan K1Hg0, K1Hg1 dan K0Hg0. Pertambahan tinggi tanaman yang terendah adalah pemberian perlakuan K0Hg1. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh perlakuan kelat dan pemberian Hg pada konsentrasi yang berbeda terhadap pertambahan tinggi tanaman. Tanpa penambahan kelat, Hg dapat menekan pertumbuhan tanaman. Pemberian kelat sangat berpengaruh terhadap toksisitas Hg pada tanaman. Dalam hal ini toksisitas Hg menjadi berkurang dengan adanya kelat, bahkan pada tingkat konsentrasi Hg tertinggi (20 ppm). Tanaman yang diberi kelat menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik (dibandingkan dengan tanaman kontrol), bahkan pada tingkat konsentrasi Hg paling tinggi (K1Hg2).

Pada *Centrosema pubescens*, pertambahan tinggi tanaman tertinggi adalah pada pemberian perlakuan K1Hg0, kemudian K0Hg0 (kontrol), K1Hg2 dan K1Hg1. Pertambahan terendah adalah pada perlakuan K0Hg1 (Gambar 1b dan Gambar 2). Sama halnya dengan *Enterolobium cyclocarpum*, pertumbuhan terendah adalah pada perlakuan pemberian Hg tanpa penambahan kelat. Dalam hal ini terbukti bahwa Hg dapat menekan pertumbuhan tanaman.

Jumlah Daun

Data penambahan jumlah daun tanaman *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens*, ditampilkan dalam grafik berikut.

Pertambahan jumlah daun *Enterolobium cyclocarpum* tertinggi adalah pada perlakuan K1Hg0 yaitu perlakuan pemberian kelat tanpa pemberian Hg, diikuti perlakuan K0Hg0, K1Hg2, dan K1Hg1.

Pertambahan jumlah daun yang terendah adalah pada pemberian perlakuan K0Hg1. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh perlakuan pemberian kelat dan pemberian Hg pada konsentrasi yang berbeda terhadap pertambahan jumlah daun tanaman *Enterolobium cyclocarpum*. Pada perlakuan pemberian Hg tanpa pemberian kelat, Hg dapat menekan pertumbuhan tanaman. Seperti yang terjadi pada parameter tinggi tanaman, terdapat kecenderungan bahwa perlakuan kelat berpengaruh pada pertumbuhan yang lebih baik pada tanaman yang diberi Hg. Hal ini diduga bahwa kelat dapat mengurangi efek racun dari Hg (Gambar 3a).

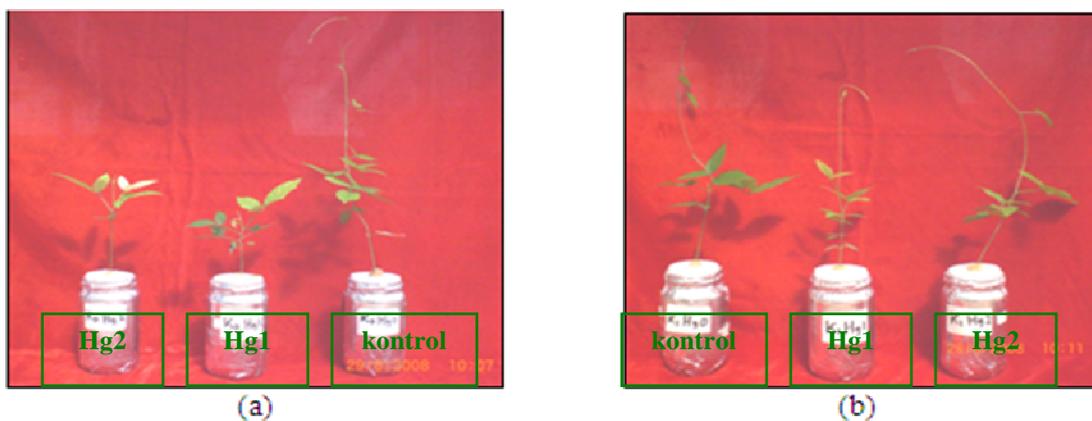
Perlakuan pemberian Hg pada tingkat konsentrasi yang berbeda dan aplikasi pemberian kelat juga memberikan pengaruh terhadap pertambahan jumlah daun tanaman *Centrosema pubescens*. Pemberian Hg tanpa pemberian kelat, Hg dapat menekan pertambahan jumlah daun tanaman (Gambar 3b).

Panjang Akar

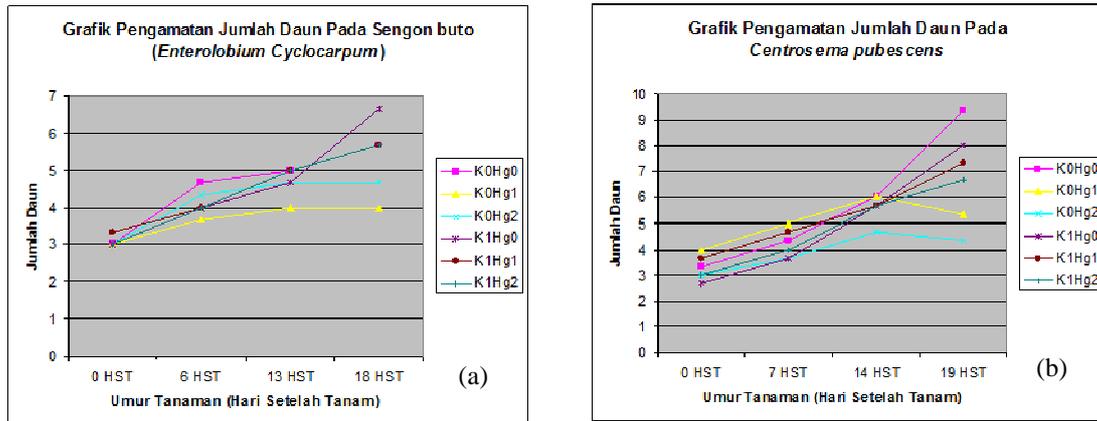
Hasil pengamatan menunjukkan bahwa Panjang Akar tanaman *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* yang diberi perlakuan kelat relatif mempunyai akar yang lebih panjang dibandingkan tanaman tanpa perlakuan kelat. Penambahan kelat pada tanaman *Enterolobium cyclocarpum* berpengaruh pada semua perlakuan, yaitu panjang akar tanaman relatif lebih panjang (Gambar 4 dan Gambar 5). Efek penambahan kelat yang paling besar terlihat pada perlakuan penambahan Hg 20 ppm. Begitu pula pada tanaman *Centrosema pubescens* (Gambar 4 dan Gambar 6).

Biomassa

Produksi berat basah tajuk *Enterolobium*

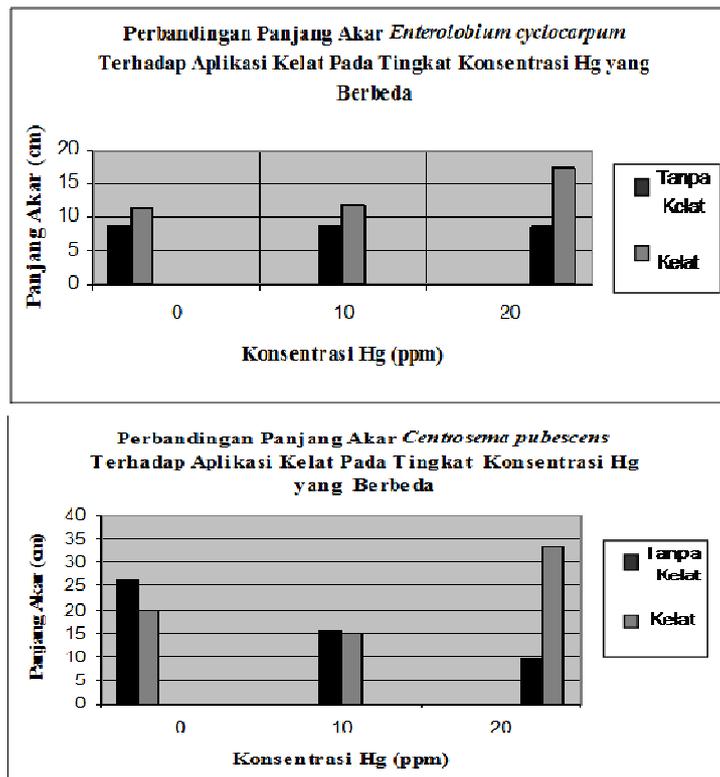


Gambar 2. Pertumbuhan tinggi tanaman *Centrosema pubescens*: (a). Tanpa penambahan kelat; (b). Penambahan kelat.



Keterangan: K0: Tanpa kelat; K1: Dengan kelat; Hg0: Penambahan Hg 0 ppm; Hg1: 10 ppm; Hg2: 20 ppm.

Gambar 3. Jumlah daun *Enterolobium cyclocarpum* (a) dan *Centrosema pubescens* (b) pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri (Hg) dan aplikasi kelat (K)



Gambar 4. Perbandingan panjang akar *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* pada tingkat konsentrasi Hg yang berbeda dengan penambahan kelat.

cyclocarpum terbesar pada perlakuan kontrol yang tidak jauh berbeda dengan perlakuan pemberian cekaman Hg 20 ppm dengan aplikasi kelat. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pemberian kelat pada tanaman yang tumbuh pada media tercekam Hg 20

ppm memiliki biomassa yang hampir sama pada tanaman yang tumbuh pada media normal tanpa cekaman (Tabel 1 dan Gambar 7). Kecenderungan serupa juga terjadi pada *Centrosema pubescens*, dimana tanaman yang diberi perlakuan kelat



Gambar 5. Panjang akar *Enterolobium cyclocarpum*: (a).Tanpa Kelat; (b). Penambahan kelat



Gambar 6. Panjang akar *Centrosema pubescens*: (a). Tanpa kelat; (b). Penambahan kelat

memberikan produksi biomasa lebih tinggi dibandingkan tanpa kelat, bahkan pada konsentrasi Hg 20 ppm (Tabel 1 dan Gambar 7). Dari sini terlihat efek racun dari logam Hg berkurang bahkan hampir tidak berpengaruh karena adanya penambahan kelat. Berat basah akar terbesar pada kontrol kemudian pada kontrol dengan penambahan kelat dan tidak jauh berbeda disusul oleh berat basah akar pada perlakuan konsentrasi merkuri 20 ppm dengan pemberian kelat.

Perbandingan biomassa tanaman *Enterolobium cyclocarpum* antara perlakuan pemberian kelat dengan tanpa pemberian kelat pada tingkat konsentrasi Hg yang berbeda disajikan dalam gambar 7.

Terdapat interaksi antara perlakuan kelat dan Hg pada semua parameter pertumbuhan yang diukur (Tabel 2 dan 3). Dalam hal ini kehadiran kelat mengurangi efek racun dari merkuri terhadap tanaman. Respon antara kedua tanaman hampir sama polanya terhadap perlakuan kelat dan merkuri yakni tanpa kelat pertumbuhan tanaman menurun seiring dengan meningkatnya konsentrasi Hg dalam media, sedangkan dengan kehadiran kelat respon tanaman menjadi lebih positif, yakni menunjukkan performan pertumbuhan yang lebih baik, bahkan pada tingkat

kontaminasi Hg 20 ppm.

Respon sel tanaman

Secara keseluruhan terlihat bahwa ukuran sel tanaman, baik sel epidermis maupun pith lebih kecil pada tanaman dengan perlakuan konsentrasi Hg tinggi (20 ppm), dimana ukuran sel ini berbeda nyata dengan ukuran sel pada perlakuan Hg dengan konsentrasi lebih rendah (10 ppm) dan kontrol (Hg 0 ppm). Ukuran sel ini tidak berbeda nyata antara perlakuan tanpa kelat dan perlakuan kelat, walaupun ada kecenderungan ukuran sel lebih besar pada perlakuan kelat (Tabel 4 dan Tabel 5).

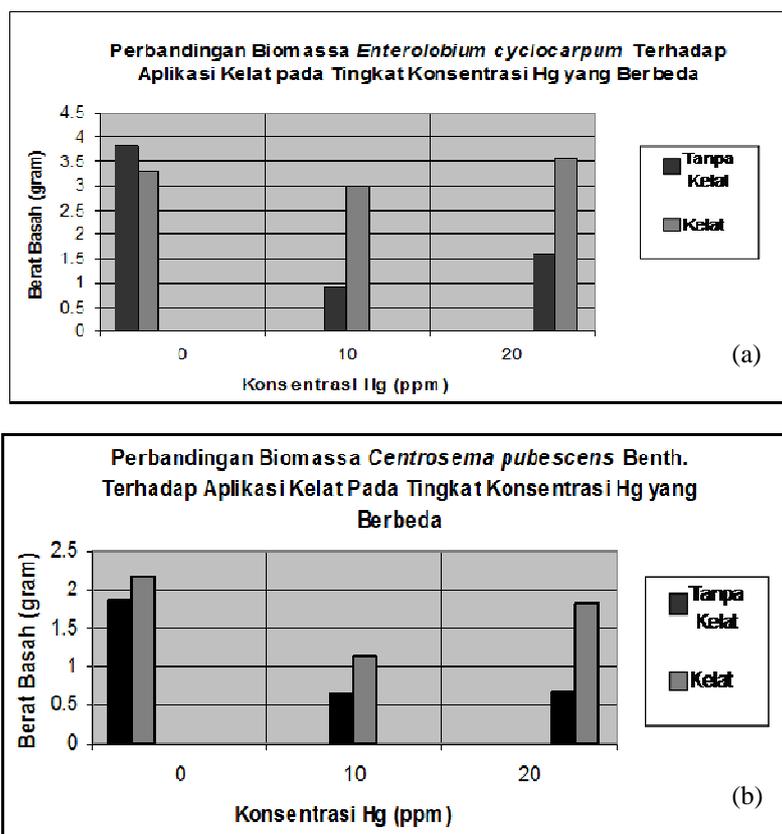
Serapan Merkuri

Analisa serapan merkuri pada tanaman dipisah antara bagian akar dan tajuk. Hal ini dilakukan untuk mengetahui potensi tanaman *Enterolobium cyclocarpum* Willd. Griseb dan *Centrosema pubescens* Benth. berdasarkan ratio konsentrasi logam pada tajuk/akar lebih dari satu karena hal ini mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk yang lebih efisien pada tumbuhan hiperakumulator dibandingkan dengan tumbuhan non

Tabel 1. Produksi biomasa *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri dan aplikasi pemberian kelat.

Perlakuan	Berat Basah (g)				Berat Kering (g)			
	Tajuk	Akar	Total	Rasio Akar/ Tajuk	Tajuk	Akar	Total	Rasio Akar/ Tajuk
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (T1)								
KoHgo	2.804	1.035	3.839	0.369	0.620	0.128	0.748	0.207
KoHg1	0.604	0.321	0.925	0.532	0.271	0.036	0.307	0.133
KoHg2	0.943	0.669	1.612	0.709	0.430	0.044	0.473	0.101
K1Hgo	2.363	0.946	3.309	0.400	0.540	0.0995	0.639	0.184
K1Hg1	2.312	0.71	3.022	0.307	0.591	0.076	0.667	0.129
K1Hg2	2.670	0.894	3.564	0.335	0.692	0.118	0.809	0.170
<i>Centrosema pubescens</i> (T2)								
KoHgo	1.407	0.459	1.866	0.326	0.247	0.041	0.288	0.166
KoHg1	0.516	0.142	0.659	0.276	0.118	0.018	0.136	0.153
KoHg2	0.51	0.165	0.675	0.324	0.097	0.018	0.115	0.186
K1Hgo	1.687	0.484	2.172	0.287	0.328	0.049	0.377	0.150
K1Hg1	0.866	0.269	1.135	0.311	0.161	0.035	0.196	0.214
K1Hg2	1.336	0.480	1.816	0.360	0.217	0.032	0.248	0.145

Keterangan: K0: Tanpa kelat; K1: Dengan kelat; Hg0: Penambahan Hg 0 ppm; Hg1: 10 ppm; Hg2: 20 ppm.

**Gambar 7.** Total biomassa *Enterolobium cyclocarpum* (a) dan *Centrosema pubescens* (b) pada tingkat konsentrasi Hg yang berbeda dengan penambahan kelat.

Tabel 2. Hasil analisa statistik pertumbuhan tinggi tanaman (T), jumlah daun (D), dan berat basah (BB) tanaman pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri (Hg) dan aplikasi kelat (K)

Perlakuan	T (cm)	D	BB
Jenis Tanaman			
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	26,17 b	5,39 b	2,71 a
<i>Centrosema pubescens</i>	32,17 a	6,82 a	1,37 b
K (ppm)			
0 (tanpa kelat)	24,03 b	5,56 b	1,60 b
20	34,44 a	6,65 a	2,55 a
Hg (ppm)			
0	39,15 a	7,42 a	2,80 a
10	22,55 b	5,58 b	1,44 c
20	25,23 b	5,18 b	1,94 b

Keterangan: K: Penambahan kelat; Hg: Penambahan merkuri; T: Tinggi tanaman; D: Jumlah daun; BB: Berat basah

Tabel 3. Interaksi pertumbuhan tinggi tanaman (T), jumlah daun (D), dan berat basah (BB) pada berbagai tingkat konsentrasi merkuri (Hg) dan aplikasi kelat (K)

Perlakuan			T (cm)	D	BB
Jenis Tanaman	K (ppm)	Hg (ppm)			
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Tanpa Kelat	0	25,83 a	5,67 a	3,85 a
		10	23,50 a	4,00 b	0,93 b
		20	25,33 a	4,67 b	1,61 b
	20	0	27,00 a	6,67 a	3,31 a
		10	26,33 a	5,67 a	3,02 a
		20	29,00 a	5,67 a	3,56 a
<i>Centrosema pubescens</i>	Tanpa Kelat	0	49,10 a	9,33 a	1,87 a
		10	11,23 b	5,33 a	0,66 b
		20	9,17 b	4,33 a	0,68 b
	20	0	54,67 a	8,00 a	2,17 a
		10	29,13 a	7,33 a	1,14 b
		20	43,50 a	6,50 a	1,88 b

Tabel 4. Rata-rata Ukuran sel Epidermis dan Pith *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* pada Perlakuan Hg dan Kelat

Perlakuan			Sel Epidermis (mikron)	Sel Pith (mikron)
Jenis Tanaman	K (ppm)	Hg (ppm)		
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Tanpa Kelat	0	13.4	18.0
		10	16.4	16.0
		20	6.8	12.8
	20	0	12.6	16.2
		10	12.4	26.6
		20	10.2	12.2
<i>Centrosema pubescens</i>	Tanpa Kelat	0	8.2	18.2
		10	7.2	15.6
		20	6.0	14.6
	20	0	8.2	16.8
		10	6.4	18.4
		20	9.0	18.2

Tabel 5. Hasil Uji Statistik (Uji Duncan) Interaksi Antar Perlakuan pada Ukuran sel Epidermis dan Pith *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens*

Perlakuan	Sel Epidermis (mikron)	Sel Pith (mikron)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	11.97 a	15.30 b
<i>Centrosema pubescens</i>	7.50 b	16.97 a
0 ppm Hg	10.60 a	17.30 a
10 ppm Hg	10.60 a	16.65 a
20 ppm Hg	8.00 b	14.45 b
Tanpa Kelat	9.67 a	15.87 a
Kelat	9.80 a	16.40 a

Tabel 6. Rata-rata Serapan Hg *Enterolobium cyclocarpum* dan *Centrosema pubescens* pada Berbagai Tingkat Konsentrasi Merkuri (Hg) dan Aplikasi Kelat (K)

Perlakuan	Hg Tajuk (ppm)	Hg Akar (ppm)
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>		
KoHgo	0.029	0.650
KoHg1	1.600	1.980
KoHg2	1.732	2.400
K1Hgo	0.075	0.059
K1Hg1	1.538	2.870
K1Hg2	1.682	3.060
<i>Centrosema pubescens</i>		
KoHgo	0.006	0.405
KoHg1	1.574	1.000
KoHg2	1.756	2.040
K1Hgo	0.092	0.475
K1Hg1	1.097	2.718
K1Hg2	2.365	3.510

Keterangan: K0: Tanpa kelat; K1: Dengan kelat; Hg0: Penambahan Hg 0 ppm; Hg1: 10 ppm; Hg2: 20 ppm.

hiperakumulator (Salt, 2000). Hasil serapan merkuri pada tanaman disajikan pada Tabel 6.

Data serapan merkuri pada tanaman secara keseluruhan menunjukkan bahwa kedua jenis tanaman mampu menyerap dan mengakumulasi merkuri dari media dengan kecenderungan semakin tinggi merkuri dalam media semakin tinggi pula akumulasi nya dalam tanaman. Pemberian kelat memberikan dampak selain pada performan tanaman juga pada besarnya akumulasi dalam tanaman, karena jumlah merkuri dalam tanaman adalah fungsi dari konsentrasi merkuri yang terserap dan bobot biomasa tanaman.

PEMBAHASAN

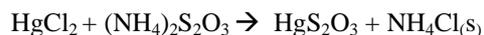
Hasil penelitian sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa kandungan Hg pada berbagai jenis tanaman akumulator Hg meningkat dengan meningkatnya

tingkat kontaminasi Hg media. Kandungan Hg pada beberapa jenis tanaman yang tumbuh pada media yang tidak terkontaminasi Hg tidak lebih dari 0.1 µg/g, tetapi konsentrasi Hg dalam tanaman yang tumbuh di tempat yang terkontaminasi Hg biasanya lebih tinggi. Kandungan Hg pada kisaran nilai 0.37-3.10 µg/g terdapat pada 5 jenis tumbuhan liar yang dikoleksi dari tanah penambangan Almaden yang terkontaminasi merkuri. Tingkat merkuri sebesar 0.16-1.40 µg/g terdeteksi pada 5 jenis herba yang ditanam di larutan hara yang mengandung 200 µg/g Rodriguez *et al.* (2007). Kandungan merkuri pada *Cyperus monocephala* dan *Digitaria radicata* meningkat dengan meningkatnya kandungan merkuri pada media (Hidayati *et al.*, 2008).

Tanaman dalam cekaman Hg dan tanpa penambahan kelat memiliki biomassa yang lebih rendah dari pada biomassa tanaman dalam cekaman

Hg ditambah kelat. Seperti pada *Enterolobium cyclocarpum*, pada *Centrosema pubescens* yang diberi perlakuan penambahan kelat juga mengalami peningkatan biomassa. Dengan perlakuan kelat ada kecenderungan bahwa tanaman lebih baik pertumbuhannya. Hasil penelitian sebelumnya melaporkan bahwa aplikasi kelat cenderung memberikan pengaruh pada pertumbuhan dan produksi biomasa tanaman yang lebih baik dibandingkan tanpa kelat, yang terdeteksi pada *Cyperus monocephala* dan *Digitaria radicata*, *Salvinia molesta* (Hidayati *et al.*, 2008; Juhaeti *et al.*, 2010). Pada beberapa penelitian disimpulkan bahwa perlakuan kelat terbukti dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman walaupun belum dapat meningkatkan fitoekstraksi. Hal ini terjadi karena kelat membentuk ikatan kompleks dengan merkuri sehingga menjadi bentuk yang kurang toksik dan lebih mudah diserap oleh tanaman.

Kelat diberikan dalam bentuk Ammonium thiosulfat atau $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ dan merkuri diberikan dalam bentuk HgCl_2 . Kelat merupakan suatu senyawa kimia yang dapat menjadikan suatu logam menjadi tersedia bagi tanaman sehingga dapat meningkatkan serapan logam oleh tanaman. Asumsi awal, dengan semakin banyaknya logam yang terakumulasi pada tanaman maka akan menyebabkan tanaman menjadi terhambat pertumbuhannya dan biomasanya menurun. Namun, pada kenyataannya tanaman dengan perlakuan pemberian kelat pada tingkat konsentrasi Hg yang tertinggi (20 ppm) justru pertumbuhannya meningkat bahkan pada *Centrosema pubescens* pertumbuhannya lebih baik dari tanaman kontrol. Sedangkan pada konsentrasi Hg 10 ppm dengan pemberian kelat, pertumbuhan tanaman tetap lebih tinggi daripada tanaman dengan perlakuan yang sama (Hg 10 ppm) namun tidak diberikan penambahan kelat. Pengamatan tanaman dengan perlakuan pemberian kelat ini menunjukkan suatu gejala yang unik, yaitu tanaman dengan pemberian kelat yang sama (20 ppm) pada cekaman Hg 20 ppm menunjukkan peningkatan bertumbuhan yang tinggi daripada pada cekaman Hg 10 ppm. Hasil percobaan ini mendasari pendugaan bahwa pemberian kelat dapat mengurangi efek racun dari merkuri dan bahkan dapat memberikan efek pada pertumbuhan tanaman yang lebih baik pada tanaman yang mengalami cekaman merkuri. Dugaan awal bahwa ikatan antara kelat dan Hg dapat menimbulkan suatu sinergisitas yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Terkait dengan sifat kimiawi dari HgCl_2 yang mudah larut dalam air dan toksisitasnya yang sangat tinggi (Alfian, 2006). Reaksi antara HgCl_2 Ammonium thiosulfat atau $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ adalah sebagai berikut:



Ikatan antara HgCl_2 dan $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ menghasilkan HgS_2O_3 yang diduga mempunyai toksisitas yang lebih rendah daripada HgCl_2 . Selain itu juga menghasilkan endapan Ammonium thiosulfat (NH_4Cl) yang berwarna hitam. Endapan inilah yang menyebabkan akar tanaman dengan perlakuan pemberian kelat pada konsentrasi Hg yang berbeda menjadi berwarna hitam. Ammonium thiosulfat dapat digunakan sebagai pupuk penyedia hara nitrogen (SNI 02-2581-2005).

Pada konsentrasi Hg 10 ppm dan 20 ppm dengan adanya penambahan kelat, Hg tidak beracun pada tanaman. Hal ini didukung oleh penelitian Juhaeti *et al.* (2010) bahwa penambahan Hg 10 ppm dan 20 ppm dengan aplikasi kelat tidak beracun pada tanaman *Salvinia* sp. Namun pada konsentrasi 50 ppm, toksisitas Hg mendekati tanpa aplikasi kelat yaitu efek pemberian HgCl_2 ke tanaman dapat menurunkan pertumbuhan tanaman.

Tanaman hiperakumulator mampu mengakumulasi logam dengan konsentrasi lebih dari 100 kali melebihi tanaman normal, dimana tanaman normal mengalami keracunan logam dan penurunan produksi. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan serangkaian proses fisiologis dan kimiawi serta ekspresi gen-gen yang mengendalikan penyerapan, akumulasi dan toleransi tanaman terhadap logam (Salt, 2006). Pada tanaman hiperakumulator disamping diharapkan ratio biomasa akar/tajuk yang proporsional juga ratio konsentrasi logam pada tajuk/akar lebih dari satu karena hal ini mengindikasikan adanya sistem translokasi logam dari akar ke tajuk yang lebih efisien pada tumbuhan hiperakumulator dibandingkan dengan tumbuhan non hiperakumulator (Salt, 2000).

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan analisa yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh antara pemberian perlakuan terhadap parameter yang diamati. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tanaman *Elaeocarpus cyclocarpum* (Willd.) Griseb dan *Centrosema pubescens* Benth. Yang digunakan dalam percobaan ini menunjukkan toleransi yang baik terhadap cekaman merkuri (Hg) yang dicobakan. Terbukti bahwa kedua jenis tanaman masih mampu tumbuh tanpa gangguan yang berarti, dan menunjukkan penambahan biomasa hingga pada cekaman Hg dengan tingkat yang paling tinggi yang diberikan (20 ppm). Pada perlakuan tanpa kelat, meningkatnya tingkat cekaman Hg mengakibatkan menurunnya pertumbuhan tanaman secara proporsional. Akan

tetapi pada perlakuan pemberian kelat dalam bentuk ammonium tiosulfat, efek cekaman Hg menjadi berkurang dan tanaman masih dapat tumbuh dengan baik hingga pada tingkat cekaman 20 ppm. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa tanaman *Elaeocarpus cyclocarpum* (Willd.) Griseb dan *Centrosema pubescens* Benth. berpotensi sebagai tanaman akumulator merkuri dan teknik pengkelatan (*chelating*) dapat diterapkan untuk memperbaiki pertumbuhan dan diharapkan dapat meningkatkan daya akumulasi kontaminan dalam tanaman yang tumbuh di lingkungan tercemar logam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Program Kompetitif LIPI tahun 2008-2010 dan Ibu Ir Titi Juhaeti MSi selaku koordinator kegiatan. Secara khusus diucapkan terimakasih kepada Sdr Tatin Suherlina selaku mahasiswa anggota tim di kegiatan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2008.** Leksikon kegrafikaan dan penerbitan. Diakses dari <http://www.graphic-map.com/petagrafika/report6.php?>, pada tanggal 22 Agustus 2008
- Chaney RL, SL Brown, YM Li, JS Angle, F Homer, C Green. 1995.** Potential use of metal hyperaccumulators. *Min-ing Environ Management* **3**(3), 9-11.
- Hidayati N, F Syarif dan T Juhaeti 2008.** Performan dan akumulasi merkuri *Cyperus monocephala* Endl. dan *Digitaria radicata* Presl. Miq yang ditanam pada media terkontaminasi merkuri dengan perlakuan kelat dan pH. *Jurnal Biologi Indonesia* **V**(4), 453-468.
- Juhaeti T, F Syarif dan N Hidayati. 2010.** Potensi *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, *Limnocharis flava* (L.) Buchenau dan *Monochoria vaginalis* (Burm.f.) Presl. untuk fitoekstraksi merkuri di sawah yang tercemar merkuri akibat kegiatan penambang emas tanpa izin (PETI). *Jurnal Teknologi Lingkungan* **11**, 197-203.
- Meagher RB and AC Heaton. 2005.** Strategies for the engineered phytoremediation of toxic element pollution : Mercury and arsenic. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol* **32**(11-12), 502-513.
- Moreno FN, CWN Anderson and RB Stewart. 2005a.** Effect of thioligands on plant-Hg accumulation and volatilisation from mercury-contaminated mine tailings. *Plant and Soil* **275**, 233-246.
- Moreno FN, CWN Anderson, RB Stewart and BH Robinson. 2005b.** Mercury volatilisation and phytoextraction from base-metal mine tailings. *Environmental pollution* **136**, 341-352.
- Nora FYT, YS Wong and CG. Simpson. 1998.** Removal of Copper by free and Immobilized Microalgae, *Chlorella vulgaris*, In: Yuk-Shan and NFY Tam (Eds). *Water Treatment With Algae*, 17, Springer-Verlag and Landes Bioscience.
- Novotny V. 1995.** Diffuse Sources of Pollution by Toxic Metals and Impact on Receiving Waters, In: R Allan, U Forstner and W Salmons (Eds.), *Heavy Metals*, 34-64. Springer.
- Rodriguez L, J Rincon, I Asencio and CL Rodriguez. 2007.** Capability of selected crop plants for shoot mercury accumulation from polluted soils: Phytoremediation perspectives. *Int. J. Phytoremediation* **9**(1), 1-13.
- Salt DE. 2000.** Phytoextraction: Present Applications and Future Promise. In: DL Wise, DJ Trantolo, EJ Chicon, HI Inyang and U Stottmeister (Eds.). *Bioremediation of Contaminated Soils*, 729-743. Marcek Dekker Inc. New York, Basel.
- Salt DE. 2006.** An Extreme Plant Lifestyle: Metal Hyperaccumulation. In: L Taiz and E Zeiger. *Plant Physiology Chapter 26*. Fourth Edition. Sinauer Assoc. Inc.
- Susanti S. 2008.** Argentometri. Diakses dari <http://medicafarma.blogspot.com/2008/04/argentometri.html>, pada tanggal 22 Agustus 2008.
- Wainwright M. 1992.** *An Introduction to Fungal Biotechnology*, 81-101. John Willey and Sony and Sons.
- Widle E W and J R Benemann. 1993.** Bioremoval of heavy metals by the use of microalgae. *Biotechnol. Adv.* **11**, 781-812 (1993).