

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, Budiarjo

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

Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46,
Cibinong 16911, Bogor - Indonesia

Telepon (021) 8765066 - 8765067

Faksimili (021) 8765059

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

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 berdinis 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 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

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

**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

Laboratorium Fisiologi Stres, Pusat Penelitian Biologi-LIPI, Komplek CSC-LIPI,
Jln Raya Jakarta-Bogor Km 46, Cibinong 16911;
e-mail: bpnaiola@yahoo.com

ABSTRACT

The extent of salinity effect land due to bad agricultural practices and global climate change that could affect the productivity of cultivated plants in agricultural and coastal areas as a result of rising sea levels, encourage the study of cultivated plants resistance to salinity stress. This research is aimed to observe the mangrove *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh., a halophyt, grew up on the beach as a plant model that is able to adapt to saline environment by pumping out the NaCl (sodium pump) and deposited on the leaf surface. On the application of sea water with a multilevel concentrations (0, 25, 50 and 75%) *A. marina* is able to adjust by changing the osmotic potential in line with the level of concentration of sea water, as an indication of the course of osmotic regulation. Meanwhile, soybean var. *Anjasmoro* only able to adapt to sea water at a concentration of 25%, equivalent to 150 mM NaCl. This result may be the starting point by breeders and biotechnologists in utilizing the potential genes drives the salinity resistance characters in Indonesian mangrove species (especially *Avicennia marina*) to contrive salinity resistance cultivars of cultivated food plants with better yield.

Keywords: Salinity stress, adaptation mechanism, *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh., mangrove, soybean.

ABSTRAK

Meningkatnya luasan lahan pertanian bermasalah salinitas dan perubahan iklim global yang dapat mempengaruhi produktivitas tanaman budidaya di kawasan lahan budidaya dan pantai sebagai akibat menaiknya permukaan laut, mendorong dilakukannya penelitian ketahanan tanaman budidaya terhadap stres salinitas. Penelitian ini mengamati upaya tumbuhan mangrove *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh., tumbuh di kawasan pantai, bersifat halofit sebagai tumbuhan model yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan saline dengan cara mengekskresikan ion-ion terutama Na⁺ dan Cl⁻ dan dideposit di permukaan daun. Penelitian pada aplikasi air laut dengan konsentrasi bertingkat (0, 25, 50 dan 75%) *A. marina* menyesuaikan diri dengan mekanisme meregulasi nilai potensial osmotik searah dengan tingkat konsentrasi air laut, sebagai indikasi berlangsungnya regulasi osmotik (*osmotic adjustment*). Sementara itu kedelai var. *Anjasmoro* hanya mampu beradaptasi pada konsentrasi air laut 25%, setara 150 mM NaCl. Sementara hasil ini dapat merupakan titik berangkat (*starting point*) oleh pihak lain seperti para pemulia tanaman (*breeders*) dan bioteknologis dengan memanfaatkan potensi gen atau seperangkat gen pengendali tahan stres salinitas yang berasal dari spesies mangrove Indonesia (khususnya *Avicennia marina*) untuk melakukan rekayasa kultivar tanaman budidaya (kedelai, padi, jagung) yang tahan stres saline dengan hasil lebih tinggi.

Kata kunci: Stres saline, mekanisme adaptasi, *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh., mangrove, kedelai.

PENDAHULUAN

Lahan kritis karena masalah salinisasi terus meningkat. Hampir satu milyar ha lahan dunia dipengaruhi oleh salinitas tanah, setara dengan 7% dari seluruh luas tanah. Dari 1,5 miliar ha budidaya, sekitar 5% (77 juta ha) dipengaruhi oleh salinitas, yang terus meningkat, karena aplikasi pertanian yang takberwawasan lingkungan. Lahan irigasi dalam posisi sangat beresiko dengan kira-kira sepertiganya dipengaruhi oleh salinitas. Meskipun relatif kecil, lahan irigasi diperkirakan menghasilkan satu-seper tiga dari makanan dunia (Szabolcs, 1994, Munns *et al.*, 1999; Munns, 2002, ketiganya direfer Tester dan Davenport, 2003).

Selain karena salinitas yang disebabkan oleh praktek usahatani takberwawasan lingkungan,

pertanian dunia masa depan juga dibayangi oleh perubahan iklim global. Perubahan iklim global yang mulai menampakkan dampaknya, yakni terciptanya sejumlah fenomena meliputi antara lain kenaikan suhu global, tibanya musim, curah dan jumlah hari hujan yang tidak menentu, munculnya *el nino* dan *la nina* serta munculnya berbagai jenis badai pada berbagai tempat, berpengaruh besar pada kehidupan biota di bumi.

Salah satu sektor yang akan terkena dampak langsung dari fenomena kenaikan suhu bumi, adalah pertanian - karena berhubungan langsung dengan iklim; setidaknya-tidaknya berupa stres suhu tinggi (*high temperature stress*), air/kekeringan (*drought stress*), genangan (*flooding stress*) dan saline/garam (*salinity stress*).

*Diterima: 19 Februari 2012 - Disetujui: 10 maret 2012

Pertanian dunia masa depan perlu mengacu pada tumbuhan yang memiliki salah satu karakter ketahanan terhadap 4 jenis stres tsb di atas. Sebagai negara maritim, Indonesia menghadapi salah satu masalah tsb di atas yakni stres salinitas, sebagai akibat intrusi air laut karena naiknya permukaan laut. Lahan-lahan pertanian tepi pantai akan terkena dampaknya. Dalam masalah salinitas, berbagai ion berdampak terhadap tumbuhan, namun yang terutama disebabkan oleh Na^+ dan Cl^- (Tester dan Davenport, 2003). Dibutuhkan kultivar-kultivar tanaman budidaya yang resisten terhadap stres salinitas merupakan tantangan tersendiri.

Sementara itu, sejumlah spesies tumbuhan kawasan pantai dikenal memiliki mekanisme dan kemampuan fisiologis yang unik dalam beradaptasi terhadap lingkungan saline, terutama spesies-spesies mangrove. Dari sudut sosial-ekonomi-budaya-lingkungan, mangrove menjamin sejumlah besar manfaat bagi masyarakat luas meliputi proteksi kawasan pantai terhadap erosi dan badai (Krauss *et al.*, 2008), sumber energi hingga perikanan. Salah satu spesies halofit yang paling dikenal memiliki kemampuan ini adalah *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh.

Laporan penelitian ini berupaya mempelajari mekanisme adaptasi fisiologis spesies-spesies tumbuhan mangrove (bakau) terhadap lingkungan saline (*salinity stress*). Spesies yang digunakan adalah *A. marina*. Keunikan fisiologis *A. marina* adalah kemampuan tumbuh dalam lingkungan salin (pantai) dengan kadar salin (garam) tinggi. Untuk mengatasi stres salinitas, *A. marina* memiliki mekanisme adaptasi unik yakni memompakan ke luar Na^+ (*sodium pumping*) melalui kelenjar garam yang terdapat dalam tubuhnya (daun) yang disebut *salt gland*. Salt gland yang berlokasi di permukaan daun^a; melalui mekanisme *sodium pumping*, mengekskresikan terutama Na^+ Cl^- dan Ca^{2+} dengan konsentrasi yang lebih tinggi, dibanding K^+ dan Mg^{2+} (Yasseen dan Abu-Al-Basal, 2008) dan dideposit di atas permukaan daunnya (Tomlinson, 1995), menunggu disapu oleh butir-butir air hujan, angin atau terlarut oleh embun. Selanjutnya, air salin yang telah dimurnikan, digunakan dengan aman olehnya dalam proses me-

tabolisme untuk melanjutkan kehidupannya di tengah kondisi stres saline/garam. Secara empiris, rasio ekskresi garam oleh salt gland pada permukaan daun dapat mencapai $2,9 \mu\text{M}/\text{m}^2/\text{det}^{\text{a}}$.

Karena kehidupan milieu pantai berlumpur yang senantiasa mengalami defisit oksigen (hipoksia), selain mekanisme pengaturan konsentrasi garam untuk keseimbangan hidupnya, tumbuhan mangrove memiliki mekanisme pengaturan oksigen seperti temuan Andersen dan Kristensen (1988), tentang tingginya konsentrasi O_2 dalam pneumatofor dan akar "cable" (cable root adalah sejenis akar yang dikembangkan tumbuhan mangrove (*A. marina*) dengan arah horisontal yang berfungsi sebagai jangkar untuk menopang tegaknya tubuh)^{b;c;d} mengkonfirmasi teori fungsi akar sebagai system transport O_2 . Oksigen diserap melalui lentisel pada pneumatofor, dan berdifusi ke dalam system akar. Adanya mekanisme gradient oksigen antara akar "cable" dan pneumatofor memungkinkan berlangsungnya difusi oksigen.

Tujuan kegiatan ini yaitu mempelajari mekanisme adaptasi fisiologis spesies tumbuhan mangrove terhadap lingkungan saline (*salinity stress*); memahami faktor-faktor yang berperan dalam kemampuan beradaptasi terhadap salinitas. Menggunakan spesies-spesies mangrove sebagai tumbuhan model untuk memahami adaptasi tumbuhan budidaya terhadap stres saline. Informasi ini dapat menjadi titik berangkat (*starting point*) oleh pihak lain seperti para pemulia tanaman (*breeders*) dan bioteknologis dengan memanfaatkan potensi gen atau seperangkat gen pengendali tahan stres salinitas yang berasal dari spesies mangrove Indonesia untuk melakukan rekayasa genetika dalam memperoleh kultivar-kultivar tanaman budidaya (kedelai, padi, jagung) yang tahan stres saline dalam mengatasi dampak peningkatan luasan lahan budidaya bersaline dan perubahan iklim seperti naiknya permukaan laut.

Tanaman budidaya yang dipakai adalah kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). Dengan aplikasi stres salinitas menggunakan *A. marina* sebagai tumbuhan model, perlakuan yang sama diterapkan

terhadap tanaman kedelai varietas *Anjasromo*. Dalam tahap awal ini, pengamatan dilakukan terhadap perubahan-perubahan fisiologis untuk melakukan adaptasi pada stres salinitas, yakni tata air tumbuhan (*plant water relations*); pada rejim konsentrasi saline di mana varietas kedelai mulai menunjukkan gejala tidak mampu beradaptasi.

BAHAN DAN CARA KERJA

Sebanyak 20 anakan (seedling) *A.marina* dikoleksi dari kawasan pantai utara P. Jawa telah ditanam dalam pot-pot plastik di Kamarkaca CSC-LIPI. Tanaman dibagi dalam 5 Kelompok (A, B, C, D dan E). Setiap Kelompok terdiri dari 4 pot berisi media pasir laut (dari kawasan Palabuhan Ratu – Jawa barat selatan), didesalinisasi dengan cara ditempatkan di bawah aliran air kran selama semalam. Media pasir laut hasil desalinisasi, dicampur dengan kompos (2:1), dan ditanami dengan tumbuhan *Avicennia marina* masing-masing 1 pohon dalam setiap pot. Seri tumbuhan *A. marina* ini disirami dengan air perlakuan berupa air laut secukupnya, dengan volume yang sama sesuai kebutuhan media tumbuh. Aplikasi air laut diperlakukan sebagai berikut: pada tumbuhan Seri A, disirami dengan air biasa; tumbuhan pada Seri B diairi dengan air laut yang telah diencerkan (didekonsentrasi) menjadi 25%; tumbuhan pada Seri C diairi dengan air laut yang telah diencerkan menjadi 50%; tumbuhan pada Seri D diairi dengan air laut yang telah diencerkan menjadi 75%, dan tumbuhan pada Seri E diairi dengan air laut murni (tidak didekonsentrasi).

Satu seri tanaman kedelai var. *Anjasromo* dengan perlakuan persis sama dipersiapkan juga, menjelang sekitar 3 minggu sebelum dilakukan pengukuran dan pengamatan parameternya. Namun aplikasi perlakuan seri air laut pada kedelai, dilakukan beberapa hari sebelum pengukuran dan pengamatan parameter, dengan maksud untuk mempelajari pola adaptasinya terhadap stres salinitas. Sementara itu, setelah tumbuhan *A. marina* berusia sekitar 4 bulan, dilakukan pengukuran parameternya pula.

Parameter terukur pada *A. marina* dan kedelai yaitu nilai *water relations* (tata air tumbuhan)

meliputi komponen potensial air [potensial air total (ψ), potensial osmotik (ψ_p) dan tekanan turgor, ψ_p], dengan teknik *pressure chamber* meliputi potensial air total (ψ), potensial osmotik (ψ_π), potensial turgor (ψ_p). Teknik *pressure chamber* dilakukan untuk menurunkan nilai-nilai *water relations* tersebut di atas melalui pembentukan kurva Pressure-Volume (*P-V curve*) - dengan metode standard, dari potensial air isoterm jaringan tumbuhan (Richter *et al.*, 1980; Tyree and Jarvis, 1982), yang mengemukakan hubungan antara total potensial air (ψ) dan volume air jaringan hidup. Teknik yang diintroduksi oleh Scholander *et al.* (1964) ini, selanjutnya dikembangkan untuk mempelajari *plant water relations*, dan telah dipakai secara luas (Boyer 1967; Tyree dan Hammel, 1972; Hellkvist *et al.*, 1974), termasuk meningkatkan akurasi pengukuran dengan teknik komputer (Sinclair and Venables, 1983). Di Indonesia, teknik *pressure-chamber* (*P-V curve*) telah diintroduksi pemakaiannya ke dalam penelitian tumbuhan tropika (Naiola dan Murningsih, 1995; Naiola dan Siti Hazar, 2003).

Untuk memahami pengukuran komponen potensial air [potensial air total (ψ), potensial osmotik (ψ_p) dan potensial turgor, ψ_p] dengan *Pressure Chamber*, pembentukan *P-V curve* dan penurunan nilai-nilai komponen potensial air, pembaca dipersilakan mengikuti pembahasan tentang alat ini secara detil dalam Naiola (2000). Signifikansi nilai-nilai ini penting dalam melakukan tafsiran kemampuan beradaptasi tumbuhan terhadap stres lingkungan (misalnya salinitas, kekeringan dan genangan).

Interaksi antar-nilai ke 3 potensial tersebut di atas, diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah yang menjelaskan hubungan antar ketiga komponen potensial air tersebut di atas, yaitu $\psi = \psi_p + \psi_p$ (Sutcliffe, 1979; Tyree dan Jarvis, 1982; Kramer, 1983; Naiola, 2000).

HASIL

Sehubungan dengan keterbatasan ruang, tidak semua gambar *P-V curve* hasil pengukuran ditampilkan; hanya 2 buah kurva *P-V* yang memiliki aspek spesifik yang dipresentasikan (Gambar 2 dan

Gambar 3). Tabel 1 memuat hasil pengukuran nilai-nilai *plant water relations* pada perlakuan *A. marina* dan kedelai var. *Anjasmoro* dengan masing-masing sebanyak 2 sampel. Perlakuan E (100% air laut) tidak dapat dilakukan karena tanaman percobaan pada kedua spesies tidak tumbuh dengan baik. Mungkin disebabkan oleh akumulasi sodium yang tinggi, dalam waktu yang relatif lama. Sementara di alam, konsentrasi salinitas berfluktuasi seturut periode pasang-surut air laut. Pada kedelai, hanya dapat dilakukan pengukuran terhadap perlakuan A (0 % air laut) dan B (25% air laut), karena pada perlakuan dengan konsentrasi air laut yang lebih tinggi (50, 75 dan 100% konsentrasi air laut) pertumbuhan tanaman tidak berkembang dengan baik.

Nilai potensial air (ψ) pada semua perlakuan (Tabel 1) *A. marina* berada pada kisaran nilai (-0,2 MPa hingga -0,4 MPa) dan kedelai (-0,2 MPa hingga -0,6 MPa). Nilai-nilai ini adalah wajar pada sampel yang diperlakukan rehidrasi sebelum pembentukan kurva P-V. Nilai ψ_{π} *A. marina* pada kisaran (-1,25 MPa hingga -1,89 MPa) dan kedelai (-1,29 MPa hingga -1,35 MPa). Nilai ψ_P *A. marina* pada kisaran (-1,25 MPa hingga -1,89 MPa) dan kedelai (0,75 MPa hingga -1,09 MPa).

Gambar 1 memperlihatkan bentuk kurva P-V (pada perlakuan tanaman kedelai yang terairi baik) relative sempurna. Fenomena ini biasanya ditemukan pada sampel yang tidak mengalami stres.

Seperti terlihat pada sumbu x, nilai potensial air mendekati nol (-0,5 MPa). Nilai potensial osmotik diperoleh dari proyeksi linear 4 titik yang telah terletak linear ke sumbu y (1/P), sekitar -1,25 MPa; sehingga menghasilkan turgor yang besar (0,75 MPa).

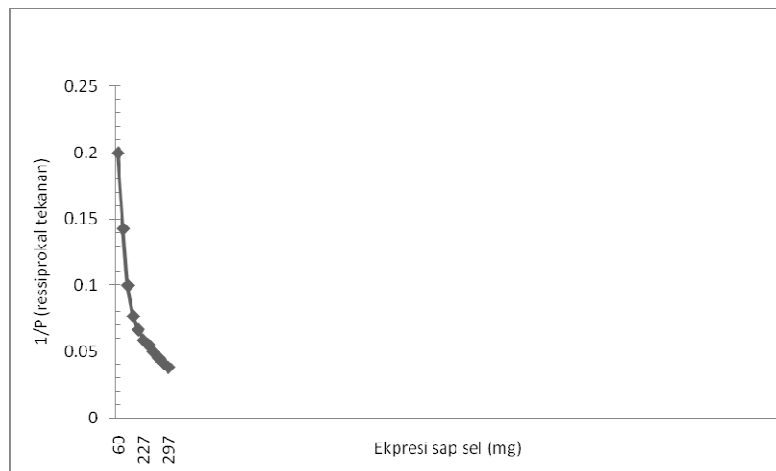
Pada Gambar 2, tampak bahwa porsi non-linear pada P-V curve tidak terbentuk lagi; ini menunjukkan bahwa jaringan/sel tanaman telah mengalami stres sehingga kehilangan turgor. Pada titik peralihan kurva non-linear ke kurva linear, merupakan titik di mana turgor jaringan/sel mencapai nol. Seperti pada Gambar 1, jaringan/sel kehilangan turgor pada tingkat potensial air -1,54 MPa ($1/p \times 0,065$) (bandingkan: Tyree dan Hammel, 1972; Sinclair dan Venables, 1983; Naiola, 2000). Artinya, tanaman *Avicennia marina* yang ditumbuhkan dalam pot-kamarkaca, mampu mempertahankan potensial air dalam kondisi stres saline (75% konsentrasi air laut). Pada tahap konsentrasi ini, kedelai tidak dapat bertahan tumbuh lagi. Laporan Aziz dan Khan (2000) mencatat bahwa pertumbuhan maksimum dan respon fisiologis *A.marina* berlangsung pada 50% konsentrasi air laut.

Konsentrasi salinitas air laut yang didominasi oleh ion-ion Na^+ dan Cl^- sekitar 3,5% (35 gr/l, atau 599 mM)². Dengan demikian, toleransi kedelai var. *Anjasmoro* pada 25% air laut, setara 150 mM.

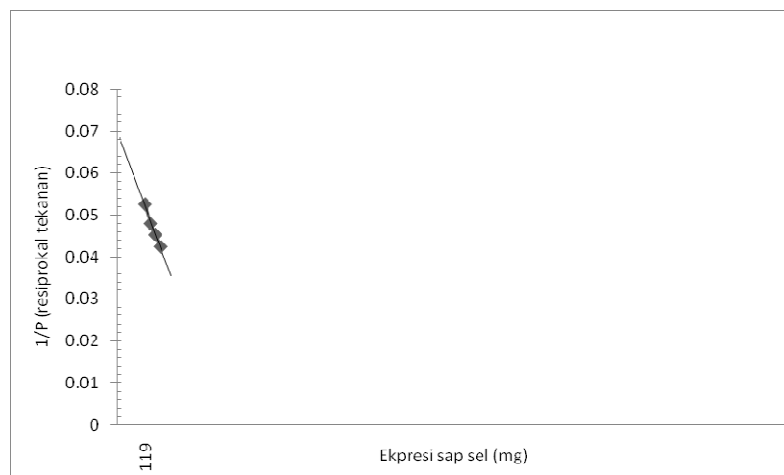
Tabel 1. Nilai *plant water relations* yang diturunkan dari *A.marina* dan kedelai var. *Anjasmoro* dengan Pressure Chamber melalui pembentukan kurva P-V (*P-V curve*).

Spesies	Perlakuan (% konsentrasi air laut)	Potensial air (ψ , -MPa)	Potensial osmotik (ψ_{π} , -MPa)	Potensial turgor (ψ_P , MPa)
<i>A.marina</i>	A (0)	0,3	1,25	0,95
	B (25)	0,3	1,35	1,05
	C (50)	0,4	1,67	1,37
	D (75)	0,2	1,89	1,69
<i>G. max</i> var. <i>Anjasmoro</i>	A (0)	0,2	1,29	1,09
	B (25)	0,6	1,35	0,75
	C (50)	-*)	-	-
	D (75)	-	-	-

*)tidak terukur karena kurva P-V yang diturunkan dari sampel-sampel pada perlakuan ini menunjukkan anomali.



Gambar 1. Rupa P-V yang diturunkan dari perlakuan 0% konsentrasi air laut pada kedelai menunjukkan bentuk kurva yang ideal. Nilai potensial osmotik diperoleh dari proyeksi linear 4 titik yang telah terletak linear ke sumbu y ($1/P$).



Gambar 2. Proyeksi 4 titik dari nilai $1/P$ vs volume sap pada P-V curve yang telah terletak pada garis linear pada perlakuan 75% konsentrasi air laut pada *Avicennia*. Garis linear yang memotong sumbu y, adalah nilai $1/P$, sebagai resiprokal dari nilai potensial osmotik.

PEMBAHASAN

Untuk memahami lebih mendalam tentang P-V curve, pembaca disarankan untuk berkonsultasi dengan makalah-makalah yang secara khusus membahas topik ini (Tyree dan Hammel, 1972; Sinclair dan Venables, 1983; Naiola, 2000).

Ketiga komponen potensial air {potensial air total (ψ), potensial osmotik (ψ_{π}), potensial turgor (ψ_p)} dalam tubuh tumbuhan, saling berinteraksi sepanjang hidup sel/jaringan dan mengendalikan berbagai mekanisme dalam tubuh tumbuhan seperti

transportasi air, transportasi hara dan pembelahan sel (Naiola dan Siti Hazar, 2003).

Potensial air total (ψ), adalah perbedaan potensial kimia air pada suatu tingkat dalam suatu sistem dengan air murni pada suhu yang sama dan pada tekanan udara 1 atmosfer yang setara dengan 10^2 kPa (Sutcliffe, 1979). Potensial air dikontrol oleh suhu dan konsentrasi *solute* (bahan terlarut). Semakin besar *solute* dalam cairan sel, nilai potensial osmotik (ψ_{π}) semakin besar (lebih negatif). Nilai potensial osmotik yang semakin negatif,

menyebabkan nilai potensial air mengikuti turunnya nilai ψ_{π} .

Sejalan dengan persamaan di atas, nilai potensial air yang lebih negatif mengikuti fluktuasi nilai potensial osmotik, akan menyebabkan potensial turgor tetap positif. Nilai turgor positif, menyebabkan keseimbangan osmotik dalam sel terjaga, sehingga air tidak keluar meninggalkan sel. Oleh karena potensial turgor yang bekerja mengarah ke dinding sel tetap positif, keseimbangan sel akan tetap terjaga sehingga proses metabolisme dalam sel dan oleh karena itu, pembelahan sel tetap dipertahankan.

Jika jumlah solute dalam sel mencapai tingkat maksimum, sedangkan kondisi luar sel masih tetap menyebabkan ketidakseimbangan osmotik, air akan terus menerus terekskresi meninggalkan sel, potensial air menjadi lebih negatif, dan pada suatu kondisi, potensial air menjadi setara dengan potensial osmotik, turgor mencapai titik nol, tekanan ke dinding sel nol, metabolisme terhenti, pembelahan sel dan pertumbuhan terhenti pula.

Salinitas (biasanya didominasi oleh NaCl) merupakan salah satu faktor alami yang mampu menimbulkan ketidakseimbangan osmotik dalam sel. Seperti dikemukakan di atas, *A. marina* merupakan salah satu spesies tumbuhan yang mampu mengembangkan mekanisme untuk mengatasi stres salinitas dalam lingkungan hidupnya; walaupun menurut Naidoo (1987), meningkatnya konsentrasi salinitas dalam media tumbuh *A. marina*, dapat menurunkan nilai konduktivitas stomata, potensial air, nitrogen dan kalium jaringan tumbuhan ini.

Sebuah fenomena ditunjukkan oleh *A. marina*, di mana nilai ψ_{π} berkembang mengikuti perubahan konsentrasi media tumbuh (air laut). Seperti ditampilkan pada Tabel 1, nilai ψ_{π} (A: -0,70 MPa, B: -1,35 MPa, C: -1,67 MPa dan D: -2,08 MPa), mengikuti perubahan (peningkatan) konsentrasi media (air laut) 0%, 25%, 50% dan 75%; jika berinteraksi dengan potensial air, manuver fisiologis ini menghasilkan nilai ψ_p (MPa) yang signifikan (0,67, 1,05, 1,37 dan 1,88) bagi sebuah kehidupan halogenitas; dan

menampakkan fenomena regulasi osmotik (*osmotic adjustment*) yang dilakukan dengan baik, untuk kelanjutan pertumbuhan. Nilai turgor positif yang relative besar, tetap menjamin keberlanjutan pertumbuhan melalui pembelahan sel dalam kondisi stres lingkungan (seperti salinitas dan kekeringan).

Perlakuan konsentrasi air laut 0% pada kedelai dengan nilai ψ (-0,2 MPa), menghasilkan nilai ψ_{π} (1,29 MPa). Dalam interaksinya, kedua potensial ini menghasilkan ψ_p (1,09 MPa). Pada Gambar 1 tampak bentuk kurva P-V pada kedelai dengan 0% air laut yang menunjukkan kurva yang ideal. Konsentrasi 25% air laut pada kedelai, nilai ψ (-0,6 MPa) yang berinteraksi dengan nilai ψ_{π} (-1,35 MPa), menghasilkan nilai ψ_p (0,75 MPa) tidak menunjukkan kelainan karena stres salinitas. Namun pada konsentrasi air laut yang lebih tinggi (50%), sebaran titik-titik hubungan antara *pressure* dan *volume* pada kurva P-V yang dibentuk, menunjukkan anomali, menjadi tidak beraturan, tampaknya tidak mengikuti teori kurva P-V. Fenomena sebaran tidak beraturan ini belum dapat dipahami faktor(-faktor) penyebabnya, yang berhubungan dengan kelakuan sel/jaringan menyesuaikan diri terhadap stress salinitas. Informasi melalui pustaka tersedia juga belum ditemukan.

Sementara itu, pada kedelai, jika pada perlakuan 0% air laut nilai ψ_{p0} menunjukkan (1,09 MPa), pada perlakuan 25%, mengalami kemunduran (0,75 MPa), berada di bawah pencapaian *A. marina*. Secara fisiologis, kedelai lebih mengalami stres salinitas dibandingkan dengan *A. marina*. Kerentanan terhadap stres salinitas pada kedelai diperkuat dengan fenomena bahwa kurva P-V tidak terbentuk secara sempurna pada tingkat stress salinitas yang lebih tinggi ($\geq 50\%$ konsentrasi air laut).

Penelitian Krishnamurthy *et al.* (2011) pada padi, diketahui bahwa barrier (yaitu *casparian band* - pita Caspary - pada endodermis), mampu dilewati (*bypass*) oleh sebagian besar Na^+ yang masuk ke pucuk. Mengekspos tanaman pada stres moderat 100 mM NaCl menyebabkan pengendapan suberin alifatik hidrofobik tambahan oleh dua kultivar padi kultivar *Pokkali* dan cv *IR20*. Namun, cv *Pokkali*

yang diketahui lebih toleran terhadap salinitas, memiliki hambatan hidrofobik yang lebih luas pada akarnya dibanding *IR-20*, kultivar lebih sensitif; dan akar cv *Pokkali* memiliki permeabilitas yang lebih rendah terhadap air. Tanaman cv *Pokkali* yang dikondisikan dalam stress 100 mM NaCl, lebih efektif mengurangi akumulasi Na^+ dalam pucuk, dan peluang untuk bertahan hidup (survive) akan lebih baik lagi kalau kemudian diekspos ke dalam kondisi stres yang lebih berat pada 200 mM NaCl.

Sementara itu, kemampuan lebih *A.marina* yang dapat tumbuh pada milieu saline jauh lebih pekat (hingga 600 mM NaCl), mungkin memiliki mekanisme yang lebih kompleks lagi, yang belum dipahami secara baik dan detail. Pemahaman ini perlu ditinjau-lanjuti jika *A. marina* akan dijadikan sebagai tumbuhan model dalam upaya merekayasa spesies-spesies tanaman budidaya yang tahan terhadap stres saline.

Respon seedling *Avicennia germinans* terhadap peningkatan konsentrasi salinitas media tumbuh berupa peningkatan sukulentisitas daun yang diekspresikan melalui peningkatan kandungan air daun per unit area dari 300 menjadi 360 g/m^2 . Sementara itu, nilai potensial osmotik pada tekanan turgor penuh (*osmotic potential at full turgor*), menurun dari -2,3 MPa menjadi -3,5 MPa, dan potensial osmotik pada tekanan turgor nol (*osmotic potential at zero turgor*) menurun dari -2,7 ke -4,3 MPa. Ini menunjukkan bahwa regulasi osmotik memfasilitasi upaya mempertahankan turgor tetap di atas nol, dan pembelahan sel tetap berlangsung kendatipun dalam kondisi stress salinitas (Suárez dan Sobrado, 2000).

Naiola dan Murningsih (1996) melaporkan pada konsentrasi 150 mM (NaCl), potensial osmotik kedelai var. *Galunggung* mencapai (-1,58 MPa), sedang var. *Krakatau* (-2,14 MPa), lebih besar (nilai lebih negatif) dari var. *Anjasmoro* (-1,35 MPa). Perbedaan tingkat adaptasi stres salinitas antar-varietas juga ditemukan tanaman budidaya lain. Feitosa de Lacerda *et al.* (2003) melaporkan pada sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench]) bahwa salinitas mengurangi (menjadi

kurang negatif) nilai ψ_s sap sel (*cellular sap*) pada daun dan akar pada genotip tahan maupun sensitive terhadap salinitas, Namun nilai penurunan pada genotip sensitif lebih besar, terutama karena akumulasi Na^+ and Cl^- yang mungkin melampaui konsentrasi yang dibutuhkan untuk regulasi osmotik.

Fenomena perubahan nilai potensial osmotik oleh varietas tunggal tanaman cabai (*Capsicum annum* L. cv. *Orlando*) juga dilakukan (Carvajal, Martínez-Ballesta dan Martínez, 2004). Studi ekofisiologi terhadap 3 spesies mangrove di perairan marine Venezuela *Rhizophora mangle*, *Conocarpus erectus* and *Coccoloba uvifera* (Rada *et al.*, 1989) menemukan bahwa ke tiga spesies ini menunjukkan adanya penurunan (ke arah nilai negatif) nilai potensial osmotik jaringan daun selama musim kemarau searah meningkatnya salinitas pada air tanah (media tumbuh), yang mengindikasikan terjadinya regulasi osmotik. Penurunan ini dideteksi dari perubahan fraksi air simplastik, komponen aktif osmotik atau keduanya. Adaptasi juga meliputi elastisitas dinding sel. Selama musim kemarau, spesies (*Rhizophora mangle*) yang tumbuh lebih dekat ke laut memiliki lebih besar nilai rigiditas dinding sel.

Fenomena lain ditunjukkan oleh spesies mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* dan *Avicennia alba* yang ditumbuhkan dalam kondisi salinitas. Pada konsentrasi media 40‰ Na^+ , konsentrasi Na^+ cairan xylem (*xylem sap*) pada *B. gymnorrhiza* (tidak memiliki *salt gland*) lebih rendah dibandingkan *B. alba* yang memiliki *salt gland* (Paliyavuth, Clough and Patanaponpaiboon, 2004). Ini menunjukkan bahwa *B. gymnorrhiza* memiliki mekanisme lain, dibanding *A. alba* yang memiliki mekanisme melalui *salt gland*. Sementara itu, Yan, Wang dan Tang (2007) menduga bahwa pada stres saline usia anakan (*seedling*), kotiledon *A. marina* berfungsi juga sebagai lokasi pemendam ion (*ion sink*) untuk mengurangi cekaman stres saline pada kompartemen lain anakan.

Perubahan nilai osmotik sel sap seperti yang dicontohkan oleh varietas kedelai, genotip sorgum maupun cabai di atas, hendaknya dipandang sebagai

hasil regulasi osmotik oleh tumbuhan. Regulasi osmotik (*osmotic adjustment*) menyangkut pengertian terhadap tingkah laku dan kemampuan sel atau jaringan tumbuhan dalam proses adaptasi terhadap lingkungan buruk, terutama stress salinitas dan kekering-an. Dalam pengertian umum didefinisikan sebagai penurunan secara uar biasa potensial osmotik cairan sel/ cell sap ke tingkat yang lebih negative sebagai akibat dari akumulasi konsistuen aktif osmosis (*osmotic constituents*) dalam protoplasma (Munns, 1988, dalam Naiola, 1996). Perubahan nilai osmotik karena regulasi merupakan akibat akumulasi solut yang disintesa atau retransport (Aspinall dan Paleg, 1981), baik organik (proline, sukrosa) maupun inorganik (K^+ , Na^+); dan patut dibedakan dari perubahan kandungan air sel di mana tidak terjadi akumulasi solut karena sintesa. Hasil regulasi osmotik juga dapat diekspresikan dari fluktuasi harian potensial air (*diurnal water potential*) tumbuhan pada pagi, siang dan senja (Naiola, 2006).

Akan halnya *A. marina*, regulasi osmotik tampaknya dilakukan bantuan NaCl yang diserap secara eksklusif melalui transportasi air laut ke dalam tubuhnya; namun pemanfaatan air murni untuk kegiatan metabolismenya (terutama fotosintesis) dicapai dengan mengekskresikan Na^+ dari tubuhnya dengan kelenjar garam (*salt gland*) dan dideposit di atas permukaan daun (Tomlinson, 1988);^f. Untuk konsultasi lanjut, dapat dilakukan pada makalah tinjauan ulang (review) eko-fisiologi mangrove oleh Krauss *et al.* (2008).

NaCl yang larut dalam air diabsorpsi dan ditransport ke dalam jaringan tumbuhan berlangsung secara terpisah sebagai Na^+ (Tester dan Davenport, 2003). Karena sifat permeabilitas yang tinggi terutama pita kaspari (*casparian band/strip*) pada endodermis, menyebabkan ion Na^+ dapat menembus (bypass) dinding sel akar dan menduduki sitoplasma (bd Chen *et al.*, 2011). Seperti *A. marina*, eksisivitas Na^+ dalam sel/jaringan akan diekskresikan ke permukaan daun dan membentuk kristal NaCl. Namun aktivitas Na^+ memasuki/ keluar organela (kloroplast, mitokondria, endoplasmic retikula) belum dapat di-

pahami dengan baik (Tester dan Davenport, 2003), suatu peluang riset lanjut yang perlu diberi perhatian.

KESIMPULAN

Dalam studi ini tampak bahwa penyesuaian osmotik tumbuhan *A. marina* terhadap milieu dengan konsentrasi salinitas yang meningkat secara gradual, dilakukan dengan cara mengatur nilai potensial osmotik sel/jaringan sesuai dengan perubahan konsentrasi. Terdapat indikasi bahwa tumbuhan halofit ini mengembangkan mekanisme *osmotic adjustment*, selain mekanisme lain yang telah diketahui dengan baik, yakni melakukan pemompaan untuk mengekskresikan (terutama) Na^+ dan Cl^- oleh kelenjar garam (*salt gland*) dari dalam sel/jaringan. Sebaliknya pada tanaman kedelai hanya mampu melakukan penyesuaian osmotik pada konsentrasi air laut 25% saja. Di atas konsentrasi ini, tampaknya terjadi ketidakseimbangan dalam sel/jaringan sehingga bentuk P-V curve yang dikonstruksi menjadi tidak sempurna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Engkom Komarudin dan Budiarjo yang memberikan bantuan baik penyiapan sampel kedelai dan *Avicennia* maupun pekerjaan kamarkaca dan laboratorium. Dr Tri Murningsih untuk konsultasi fitokimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Andersen FO and E Kristensen. 1988. Oxygen microgradients in the rhizosphere of the mangrove *Avicennia marina*. *Marine Ecology* **44**, 201-204.
- Aspinall D and LG Paleg. 1981. Proline accumulation: Physiological Aspects. In: D Aspinall and LG Paleg (Eds.). *The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants*. Academic.
- Aziz I and MA Khan. 2000. Physiological adaptations of *Avicennia marina* to seawater concentrations in the Indus delta, Pakistan. *Pakistan Journal of Botany* **32(1)**, 151-169.
- Boyer JS. 1967. Water potential measured with a pressure chamber. *Plant Physiology* **42**, 133-37.
- Carvajal M, MC Martínez-Ballesta and V Martínez. 2004. Osmotic adjustment, water relations and gas exchange in pepper plants grown under NaCl or KCl. *Environmental and Experimental Botany* **52(2)**, 61-174.
- Chen T, X Cai, X Wu, I Karahara, L Schreiber and J Lin. 2011. Casparian strip development and its potential function in salt tolerance. *Plant Signal & Behavior* **6**

- (10), 1499–1502.
- Feitosa de Lacerda C, J Cambraia, MA Oliva and HA Ruiz. 2003.** Osmotic adjustment in roots and leaves of two sorghum genotypes under NaCl stress. *Brazilian Journal of Plant Physiology* **15**(2), 113-118.
- Heelkvist J, GP Richards and PG Jarvis. 1974.** Vertical gradient of water potential and tissue water relations in sitka spruce trees measured with the pressure chamber. *Journal of Applied Ecology* **11**, 637-667.
- Krauss KW, CE Lovelock, KL McKee, L López-Hoffman, SML Ewe and WP Sousa. 2008.** Environmental drivers in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany* **89**(2), 105–127.
- Krishnamurthy P, K Ranathunge, S Nayak, L Schreiber and MK Mathew. 2011.** Root apoplastic barriers block Na⁺ transport to shoots in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Experimental Botany* **62**(12), 4215–4228.
- Naidoo G. 1987.** Effects of salinity and nitrogen on growth and water relations in the mangrove, *Avicennia marina* (Forsskål) Vierh. *New Phytologist* **107**, 317-325.
- Naiola BP, 1996.** Regulasi osmosis pada tumbuhan tinggi. *Hayati* **3**(1), 01-06.
- Naiola BP dan T Muriningsih. 1996.** Estimasi 'osmotic adjustment' dan akumulasi proline sebagai komponen osmotikum sitosol dalam stres salinitas NaCl pada kedele. *Prosiding Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional (KIPNAS) VI Buku 3*, 224-237.
- Naiola BP. 2000.** "Pressure Chamber", alat untuk mengukur status dan tata air dalam tumbuhan. *Berita Biologi* **5** (1), 125-130.
- Naiola BP. 2006.** fluktuasi potensial air harian gewang (*Corypha Uta* Lamk.), jenis tumbuhan hijau abadi di NTT. *Berita Biologi* **8** (1), 75-82.
- Naiola BP dan D Siti Hazar Hoesen. 2003.** Fluktuasi Air Dalam Tumbuhan (Plant Water Relations) dan Stabilitas Taman Nasional Gunung Halimun: Kianak {*Castanopsis acuminatissima* (Bl.) DC}. *Berita Biologi* **6**(4), 601-607.
- Paliyavuth C, B Clough and P Patanaponpaiboon. 2004.** Salt uptake and shoot water relations in mangroves. *Aquatic Botany* **78**(4), 349–360.
- Rada F, G Goldstein, A Orozco, M Montilla, O Zabala and A Azocar. 1989.** Osmotic and turgor relations of three mangrove ecosystem species. *Australian Journal of Plant Physiology* **16**(6), 477–486.
- Richter H, F Duhme, G Glatzel, TM Hincley and H Karlic. 1980.** Dalam: *Plants and Their Atmospheric Environment*. J Grace, ED Ford and PG Jarvis (Editor). Blackwell. Oxford. Hlm. 263-272.
- Scholander PF, HT Hammel, EA Hemmingsen and ED Bradstreet. 1964.** Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangroves and some other plants. *Proceedings of National Academy of Sciences, USA* **52**, 119-125.
- Sinclair R and WN Venables. 1983.** An Alternative Method for Analysing Pressure-Volume Curves Produced with the Pressure Chamber. *Plant, Cell and Environment* **6**, 211-217.
- Suárez N and MA Sobrado. 2000.** Adjustments in leaf water relations of mangrove (*Avicennia germinans*) seedlings grown in a salinity gradient. *Tree Physiology* **20** (4), 277-282.
- Sutcliffe JF. 1979.** *Plants and Water*. Edward Arnold. London.
- Tester M and R Davenport. 2003.** Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany* **91**, 503-527.
- Tomlinson PB. 1995.** *The Botany of Mangroves*. Cambridge Tropical Biology Series. Cambridge University Press. Cambridge.
- Tyree MT and HT Hammel. 1972.** The measurement of turgor pressure and water relations of plants by the pressure-bomb technique. *Journal of Experimental Botany* **23**, 267-282.
- Tyree MT and PG Jarvis. 1982.** Water In Tissue and Cells. In: *Physiological Plant Ecology II, Encyclopedia of Plant Physiology* **12**. Springer-Verlag. Berlin.
- Yan Z, W Wang and D Tang. 2007.** Effect of different time salt stress on growth and some physiological processes of *Avicennia marina* seedlings. *Marine Biology* **152**, 581-587.
- Yaseen BT and MA Abu-Al-Basal. 2008.** Ecophysiology of *Limnium axillare* and *Avicennia marina* from the coastline of Arabian Gulf-Qatar. *Journal of Coast Conservation* **12**, 35-42.
- ^a http://sydney.edu.au/science/biology/learning/plant_form_function/mangroves/control.shtml
- ^b <http://www.kidcyber.com.au/topics/mangroves3.htm>
- ^c <http://www.google.co.id/search?q=cable+roots+in+mangrove+plants>
- ^d http://www.naturia.per.sg/buloh/plants/mangrove_trees.htm
- ^e <http://en.wikipedia.org/wiki/Seawater>
- ^f <http://ecology.hku.hk/jupas/Mangrovesadaptations.htm>