

**FLUKTUASI AIR DALAM TUMBUHAN (PLANT WATER RELATIONS)
DAN STABILITAS TAMAN NASIONAL GUNUNG HALIMUN:
KIANAK {*CASTANOPSIS ACCUMINATISSIMA* (BL.) DC}**

**[Plant Water Relation Fluctuations and Stability of Gunung Halimun National Park:
Kianak {*Castanopsis accuminatissima* (Bl.) DC}]**

B Paul Naiola[✉] dan D Siti Hazar Hoesen

**Kelompok Fisiologi Tumbuhan, Laboratorium Treub
Bidang Botani, Pusat Penelitian Biologi-LIPI**

ABSTRACT

Information on the water relations of tropical plant species are less available. This paper deals with a study of the water relations of tropical forest tree species, Kianak {*Castanopsis accuminatissima* (Bl.) DC}, a habitant of Gunung Halimun National Park. The purpose of this study held in October 2001, is to understand the water relation fluctuations of tropical tree species, especially those grown in a stabile ecosystem such as National Park. Parameters measured are water potential components including total water potential, osmotic potential and turgor pressure. The study also concentrated on water potential at turgor loss point and diurnal water potentials. Measurements were conducted by Pressure Chamber. The results shows that Kianak kept their average total water potential at -0.48 MPa, while their average osmotic potential were held at -1.54 MPa, thus they retained their averaged cells/tissues turgor pressure at 1.06 MPa. Diurnal water potentials shows no significant fluctuations (-0.47 MPa at 10 am, -0.48 MPa at 1 pm and -0.48 MPa at 3 pm), thus no sign of significant water stress. The value of average water potential at turgor loss point achieved at -1.92 MPa, indicates a phenomenon of moderate drought resistance species. Based on this results, the discussion emphasize the water relations of tropical forest plants and the important of plant water relations information in the management of National Parks and other reserved biosphere, where plants as a main component. It is suggested to enlarge such this study (including seasonal fluctuations of plant water relations and covering wider forest species), under the light of National Park and other biosphere sites management.

Kata kunci/ keywords: Tata air tumbuhan/ plant water relations, komponen potensial air/ water potential components, titik kehilangan turgor/ turgor loss point, Kianak/ *Castanopsis accuminatissima* (Bl.) DC. Taman Nasional Gunung Halimun/ Gunung Halimun National Park, manajemen Taman Nasional dan cagar biosfer/ management of National Parks and reserved biosphere.

PENDAHULUAN

Stabilitas suatu ekosistem ditentukan oleh stabilitas dari variabel kekayaan biodiversitas (tumbuhan, jasad renik, hewan), maupun variabel kekayaan fisiknya (tanah, air, iklim terutama mikro). Secara alamiah, komponen-komponen ini saling berinteraksi membentuk suatu jaringan yang stabil. Jika salah satu subsistem mengalami tekanan, maka saling ketergantungan akan terganggu sehingga muncul ketidakstabilan. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada suatu ekosistem hutan. Jika sub-sistem (komponen) tumbuhan mengalami gangguan, maka subsistem-subsistem yang lainnya seperti tanah dan air akan mengalami tekanan pula.

Sebuah Taman Nasional sebagai suatu ekosistem, stabilitas harus ditempatkan sebagai salah satu subyek utama. Taman Nasional merupakan suatu kawasan di mana kondisi alamiah setempat

seyogiyanya tidak dilakukan perubahan dengan alasan apapun; karena di dalamnya tersimpan kekayaan genetik biota yang terjalin dengan ekosistemnya sedemikian rupa, sehingga perubahan itu akan menimbulkan gangguan terhadap kekayaan biota ini. Salah satu kriteria yang dapat dipakai untuk mengukur stabilitas tumbuhan dalam sebuah taman nasional, adalah fluktuasi komponen potensial air tumbuhan. Nilai fluktuasi ini dapat diperoleh dengan mempelajari aspek-aspek 'plant-water relations' – tata air tumbuhan. Dalam hal ini aspek yang diukur (dipelajari) adalah fluktuasi komponen potensial air harian (diurnal) maupun musiman (seasonal). Nilai yang diperoleh dapat dipakai untuk menginterpretasi tingkat ketergangguan terhadap komponen tumbuhan setempat.

Komponen potensial air pada tumbuhan hutan yang mengalami degradasi karena penebangan,

perambahan atau sebab lain, akan menunjukkan perubahan fluktuasi harian maupun musiman potensial air total yang sangat fluktuatif. Hal ini karena terusiknya tumbuhan bawah (penutup lantai hutan) maupun kanopi sehingga terjadi perubahan mikroklimat hutan. Sinar matahari yang menerobos masuk ke lantai hutan akan mengakibatkan perubahan suhu (meningkat) sehingga lepasnya molekul air ke atmosfer melalui evaporasi menjadi tidak terkontrol. Kehilangan molekul air yang tidak terkontrol akan menyebabkan tanah lantai hutan menjadi lebih kering (kekurangan air). Sementara itu, suhu di sekitar kanopi yang meningkat, menyebabkan delta potensial air atmosfer dan permukaan daun menjadi lebih besar. Hal ini menyebabkan terusiknya 'boundary layer' di permukaan daun, dan mengakibatkan arus transpirasi menjadi lebih besar, dan kehilangan air dari tubuh tumbuhan menjadi lebih besar pula. Jika keadaan ini terus berlangsung, tumbuhan akan mengalami kondisi kekurangan air berkepanjangan. Jika keadaan ini berlangsung dalam suatu ekosistem seperti Taman Nasional atau Hutan Lindung lainnya akan menimbulkan ketidakstabilan yang tidak diharapkan. Dampak lanjut akan dialami oleh biota lain seperti hewan dan mikroba.

Pemahaman terhadap stabilitas ekosistem Taman Nasional Gunung Halimun (TNGH) telah dilakukan melalui suatu studi terhadap Plant Water Relations yaitu hubungan air dan tumbuhan setempat. Aspek ini telah dipelajari pada satu spesies tumbuhan yang tergolong cukup dominan setempat yaitu Kianak {*Castanopsis accuminatissima* (Bl.) DC}. Tujuan studi ini yakni untuk menginterpretasi stabilitas Taman Nasional Gunung Halimun (sebagai suatu ekosistem), melalui penilaian fluktuasi komponen potensial air tumbuhan setempat.

Besaran fluktuasi nilai komponen potensial air tumbuhan dapat dihubungkan dengan stabilitas suatu ekosistem, sehingga metode ini dapat dipakai untuk menilai stabilitas suatu ekosistem di mana komunitas tumbuhan berperan sebagai komponen utamanya seperti sebuah taman nasional. Informasi ini akan sangat menarik untuk diketahui karena data untuk hutan tropik dalam aspek ini hampir tidak ada (*cf* Medina *et al.*, 1984). Oleh karena itu, diharapkan agar hasil studi ini dipandang sebagai paket data dalam mendukung

pengelolaan konservasi di taman nasional-taman nasional, termasuk Taman Nasional Gunung Halimun, yang mengalami stres lingkungan akibat kekeringan yang disebabkan oleh fluktuasi iklim atau kerusakan lingkungan karena perambahan atau lainnya.

BAHAN DAN CARA

Kegiatan studi ini dilakukan di Stasiun Penelitian Cikaniki, TNGH pada bulan Oktober 2001. Karena alasan keterbatasan waktu dan lainnya, hanya spesies yang dipakai yaitu Kianak {*Castanopsis accuminatissima* (Bl.) DC}. Spesies ini diketahui cukup dominan setempat. Pengukuran komponen potensial air total dilakukan langsung di lokasi, meliputi potensial air total (Ψ), potensial osmotik (Ψ_{π}) dan tekanan turgor (Ψ_p). Aspek lain yang dipelajari yaitu fluktuasi potensial air harian (*diurnal water potential*) dan potensial air pada turgor loss point ($\Psi \rightarrow \Psi_{p0}$).

Karena keterbatasan waktu, kesulitan lokasi dan sebab lain, pengukuran potensial air total, potensial osmotik, dan potensial turgor potensial air pada turgor loss point hanya pada 3 sampel tanpa diulang. Sementara itu, pengukuran nilai fluktuasi potensial air harian dilakukan pada 3 titik waktu yaitu jam 10.00, 13.00 dan 15.00 dalam satu hari. Setiap titik-waktu dilakukan 3 kali ulangan. Dengan demikian, hanya pada aspek ini saja yang dilakukan analisa statistik.

Pengukuran Nilai Ψ , diukur dengan Pressure Chamber. Metoda ini telah beberapa kali digunakan pula dalam beberapa penelitian (Sinclair dan Venables, 1983; lihat juga Naiola dan Murningsih, 1996; Naiola dan Syarif, 1996) dan pembahasan tentang alat ini secara detil (Naiola, 2000). Nilai Ψ_{π} , Ψ_p dan $\Psi \rightarrow \Psi_{p0}$ diturunkan dari Kurva Pressure-Volume (lihat teori dan Gambar dalam Naiola, 2000).

Untuk mendapatkan nilai (Ψ), pucuk-ranting sampel tumbuhan dimasukkan ke dalam silinder secara terbalik dengan ujung potongannya menonjol keluar. Untuk menghindari blokade udara dalam xilem, pemotongan ranting ini dilakukan dalam wadah berisi air. Gas bertekanan tinggi kemudian disalurkan secara hati-hati ke dalam silinder, sambil memperhatikan cairan yang akan muncul di permukaan potongan

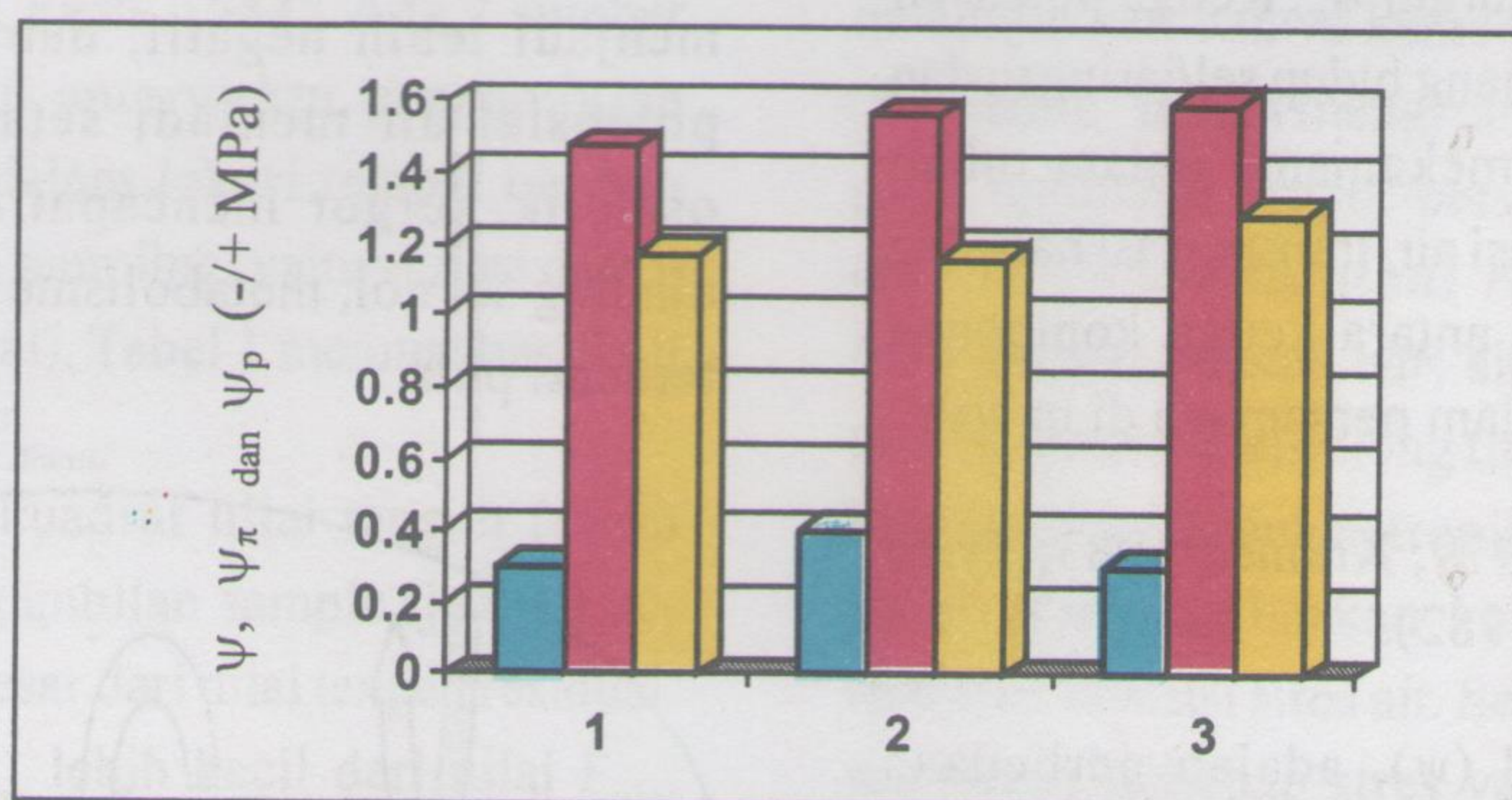
ranting yang menonjol keluar itu, yang merupakan nilai potensial air total.

Selanjutnya, untuk memperoleh nilai (ψ_{π}), cairan/ sap yang keluar dari permukaan irisan ranting, ditampung dalam pipa plastik transparan kecil berukuran panjang kurang lebih 12 cm, penampang 5 mm berisi kertas *tissue*. Direkomendasikan untuk menggunakan kertas yang berwarna biru, hijau atau kuning untuk memudahkan pengecekan tinggi noda cairan dalam pipa. Berat pipa plus kertas ini telah lebih dahulu diketahui. Tekanan yang digunakan untuk mengoleksi cairan disebut *holding pressure*. Selang beberapa waktu (menit), *holding pressure* diturunkan beberapa bar, berat pipa kolektor ditimbang. Kemudian tekanan dinaikkan kembali secara perlahan-lahan seraya mengamati besarnya *balance pressure*. Koleksi dan penimbangan dilakukan beberapa kali sesuai kondisi sample dan aspek yang dipelajari. Setiap kali koleksi, *holding pressure* dinaikkan beberapa per-sepuluh MPa.

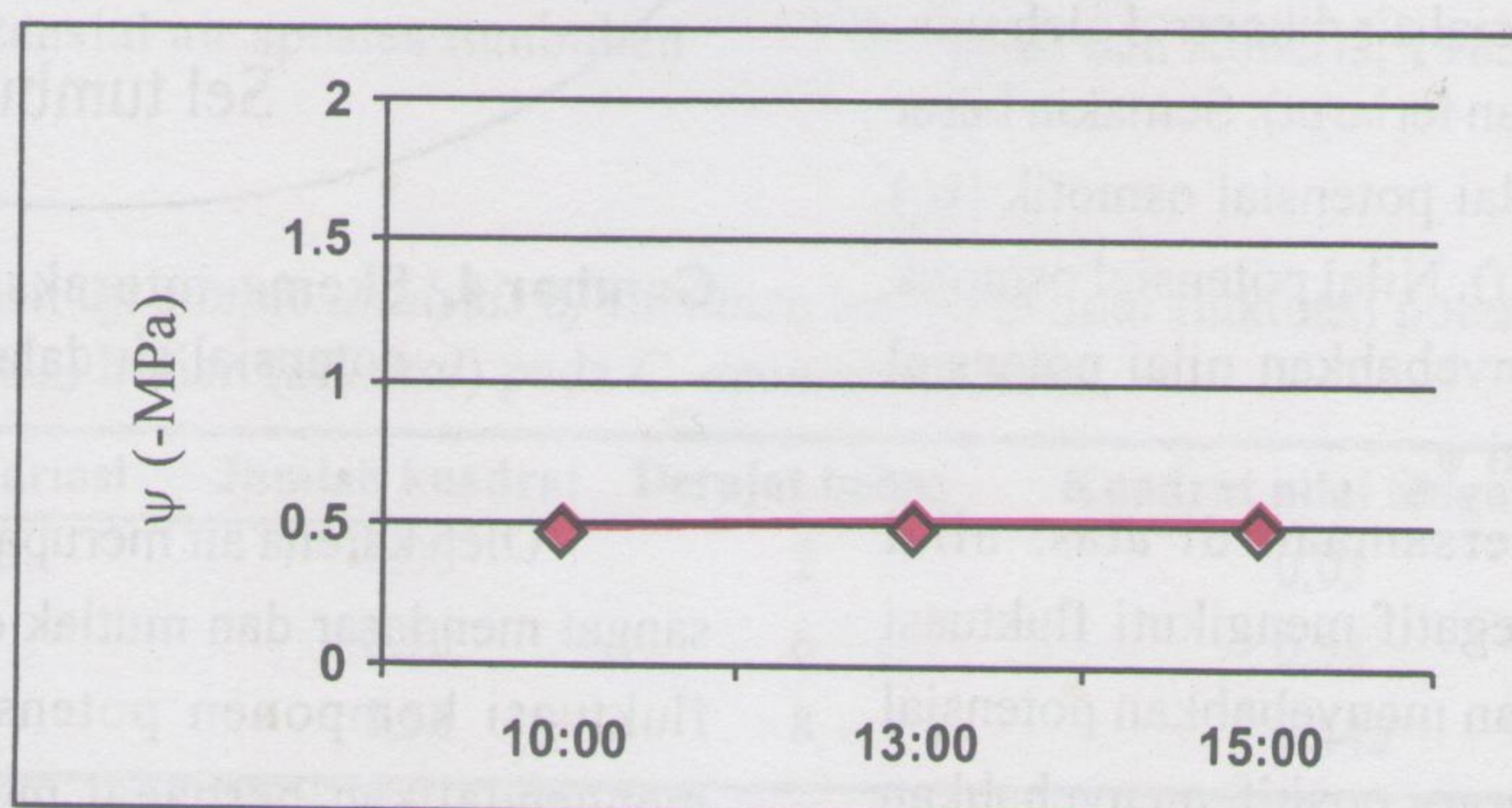
Hasil

Pada Nilai potensial air yang diukur pada tiga sample Kianak tidak menunjukkan variasi yang tajam, yaitu -0,3, -0,4 dan -0,3 MPa. Demikian pula nilai ψ_{π} (potensial osmotik) sebesar -1,47, -1,56 dan -1,59 MPa (Gambar 1). Dengan demikian, nilai ψ_p (tekanan turgor) yang dapat dihasilkan dalam sel/jaringan pada ketiga sample masing-masing sebesar 1,17, 1,16 dan 1,29 MPa.

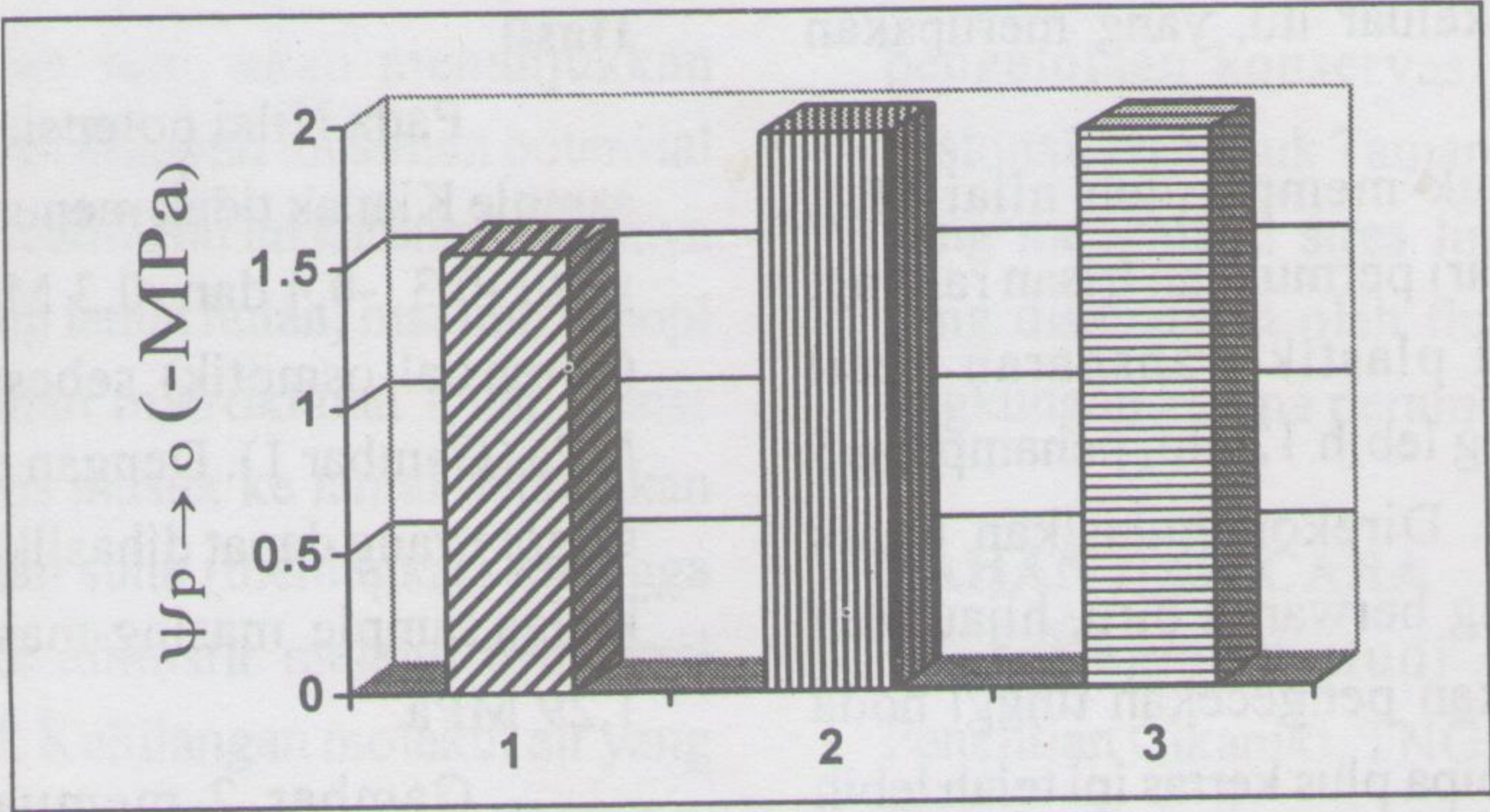
Gambar 2 memuat nilai fluktuasi harian potensial air (*diurnal water potential*). Fluktuasi potensial air harian 0,47 MPa (jam 10,00), 0,48 MPa (jam 13,00) dan 0,48 MPa pada jam 15,00. Paket data fluktuasi potensial air ini diuji dengan *simple analysis of variace* (Martin *et al.*, 1983). Dalam hal ini setiap titik cuplikan (jam pengambilan ample) dianggap sebagai unit (3 unit data) yang berbeda. Hasil uji terhadap fluktuasi ini menunjukkan bahwa nilai potensial air pada jam 10.00, 12.00 dan 15.00 tidak berbeda secara signifikan.



Gambar 1. Nilai potensial air (■) dan potensial osmotik (■) pada 3 sampel *C. accuminatissima*. Selisihnya adalah nilai tekanan turgor (■) dengan nilai (+).



Gambar 2. Nilai fluktuasi potensial air harian *C. accuminatissima*.



Gambar 3. Nilai turgor loss point pada 3 sampel *C. accuminatissima*.

Dan Gambar 3 nilai *turgor loss point*. Nilai rata-rata $\psi \rightarrow \psi_{p_0}$ (potensial air pada turgor loss point) dicapai pada -1,92 MPa.

PEMBAHASAN

Ada 3 jenis potensial yang secara alamiah bekerja dan saling berinteraksi dalam sel jaringan tumbuhan yaitu potensial air total (ψ), potensial osmotik (ψ_{π}) dan potensial turgor ψ_p . Ketiga potensial ini saling berinteraksi sepanjang hidup sel/jaringan dan mengendalikan berbagai mekanisme dalam tubuh tumbuhan seperti transportasi air, transportasi hara dan pembelahan sel. Interaksi antara ketiga komponen potensial ini dirumuskan dalam persamaan di bawah:

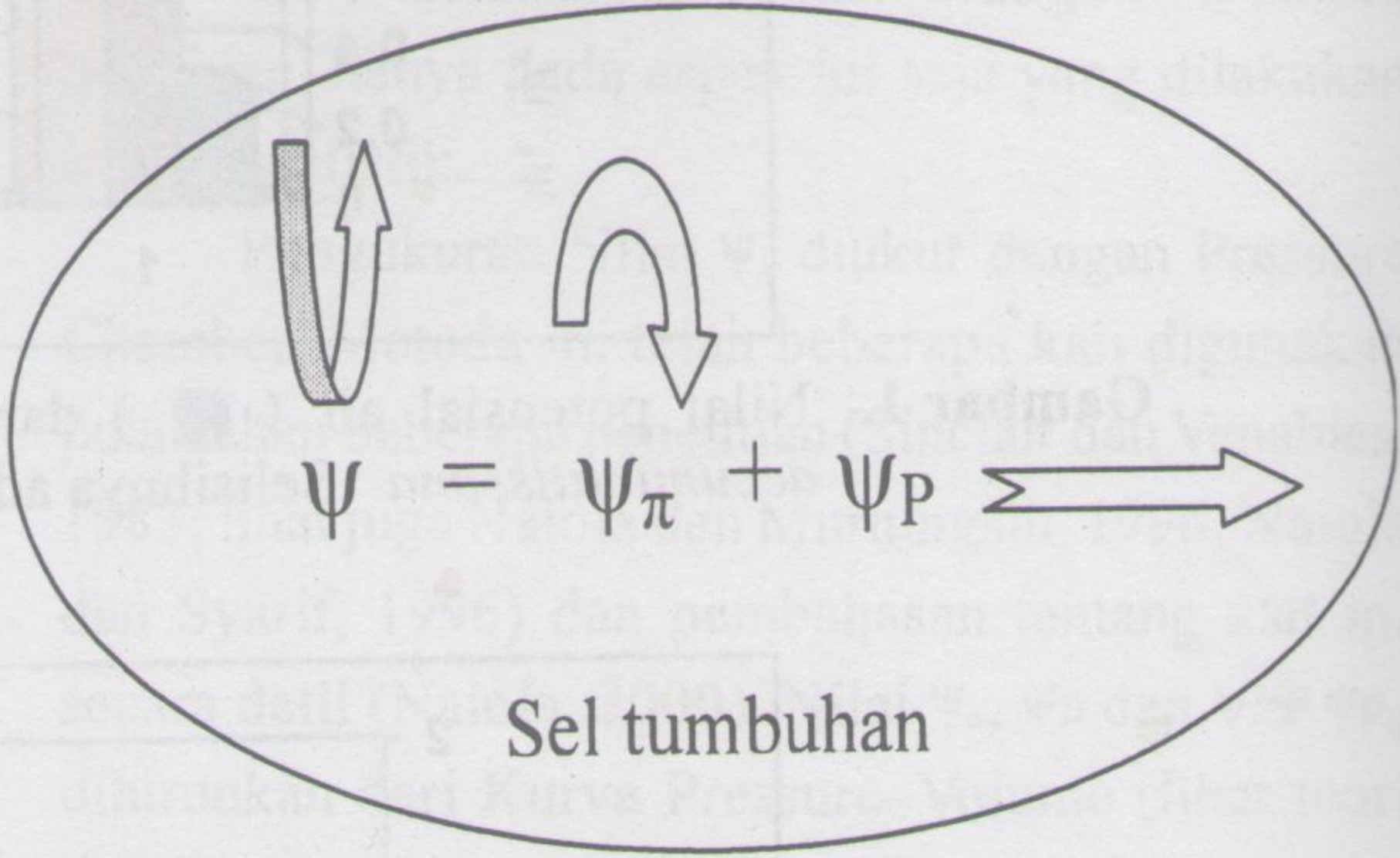
$$\psi = \psi_{\pi} + \psi_p \quad (\text{Sutcliffe, 1979; Kramer, 1983; Tyree dan Jarvis, 1982}).$$

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 10² 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 turunya 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 (Gambar 4), tetap positif, keseimbangan sel akan tetap terjaga sehingga proses metabolisme dalam sel tetap dipertahankan.

Jika jumlah *solute* dalam sel mencapai tingkat maksimum, sedangkan kondisi luar sel masih tetap menyebabkan ketidakseimbangan osmotik, air akan terus menerus 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, pertumbuhan terhenti pula.



Gambar 4. Skema interaksi antara 3 komponen potensial air dalam sel tumbuhan.

Oleh karena air merupakan unsur esensial yang sangat mendasar dan mutlak dalam tumbuhan, maka fluktuasi komponen potensial air ini akan turut mengendalikan berbagai mekanisme dalam tubuh tumbuhan.

Data yang diperoleh dari pengukuran *C. accuminatissima* di Taman Nasional Gunung Halimun menunjukkan bahwa potensial air total berada pada nilai mendekati nol. Ini menunjukkan kondisi sel yang terairi baik, karena kondisi lingkungan yang stabil. Demikian pula potensial osmotik terposisi pada nilai yang secara umum tidak menunjukkan stres. Nilai ψ_{π} (-1,47 hingga -1,59 MPa), mengindikasikan bahwa Kianak tidak mengalami stres osmotik yang berarti. Nilai ini masih dalam kisaran sejumlah spesies tropik lain yang pernah dilaporkan, seperti rambutan (-1,61 hingga -1,76 MPa, Naiola, *tidak dipublikasikan*), sambiloto (-1,51 MPa, Syarif dan Naiola, 1996), puspa *Schima walliichii* (-1,29 hingga -1,94 MPa, Naiola *et al.* 1996). Interaksi antar kedua potensial ini menghasilkan tekanan turgor yang optimal (1-1,11 MPa), sehingga proses-proses biologis dalam sel akan berlangsung dengan optimal.

Paket data nilai fluktuasi potensial air harian yang dianalisa lanjut dengan metoda *simple analysis of variance* (Martin dan Firth, 1983). Ada 2 sumber variasi yaitu perbedaan antarwaktu pengambilan sampel dan perbedaan dalam lokasi tempat tumbuh pohon sampling dan efek sampling, yaitu variasi dalam pohon itu sendiri (residual). Tabel 1 memuat hasil uji statistik terhadap nilai Ψ_{diurnal} .

H_0 ditolak bila kuadrat nilai tengah (mean square) antarwaktu pengambilan sampel (jam 10.00, 13.00 dan 15.00) lebih besar dari nilai tengah residual. Dalam hal ini nilai F_{hitung} lebih kecil dari nilai F_{tabel} sehingga H_0 ditolak; oleh karena itu, nilai Ψ_{diurnal} antarwaktu tidak signifikan.

Arti biologis dari ketidak-signifikan nilai Ψ_{diurnal} adalah bahwa potensial air spesies tumbuhan

ini tidak mengalami fluktuasi harian yang bermakna. Walaupun iklim di sekitar daerah kanopi bisa saja mengalami fluktuasi, namun perubahan itu tidak mempengaruhi status air pada *C. accuminatissima*, yang mencerminkan kondisi lingkungan yang stabil. Defisit air yang dialami oleh daun-daun di daerah kanopi pada siang hari sebagai resiko meningkatnya suhu udara yang meningkatkan laju transpirasi, segera terpulihkan (*recharged*) oleh ketercukupan air yang disuplai oleh sistem akarnya. Ini dapat terlihat dari nilai potensial air pada pagi, siang dan sore yang sangat kurang-negatif, yakni mendekati nol (sekitar -0,48 MPa). Kondisi ini juga menggambarkan nilai turgor sel-sel hampir seimbang dengan nilai osmotiknya sehingga pertumbuhan (pembelahan sel) berlangsung normal. Serasah lantai hutan yang terjaga dan ketebalan kanopi menekan laju evaporasi lantai hutan sehingga defisit air tidak dialami oleh tanah lantai hutan.

Nilai potensial air pada turgor loss point (Ψ_{total} u Ψ_{po}) pada *C. accuminatissima* (-1,92 MPa) menunjukkan bahwa kemampuan jenis ini tergolong "moderate" dalam mengatasi stres air. Nilai Ψ_{total} u Ψ_{po} pada tumbuhan tropik bervariasi antara -1,06 MPa (tumi, *Combretocarpus rotundatus*) hingga -2,13 MPa pada rambutan *var. sikki* (Naiola, 2000). Nilai pada Kianak ini tergolong tinggi (lebih tahan stres air) bagi spesies tumbuhan tropik, karena nilai turgor loss point menggambarkan kepekaan sel/jaringannya terhadap kondisi stres air. Semakin peka suatu spesies tumbuhan terhadap stres yang berhubungan dengan air, semakin tinggi (kurang negatif) pula nilai potensial air total pada tingkat mana sel-sel mulai kehilangan turgor (Ψ_{total} u Ψ_{po}) (Naiola, 2000; bandingkan dengan Bowman dan Roberts, 1985).

Tabel 1. Hasil uji *simple analysis of variance* terhadap nilai fluktuasi potensial air total (Ψ_{total}) harian (*diurnal*) pada *C. accuminatissima*.

Sumber Variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat nilai tengah	F
Antarwaktu	0,06	2	0,03	0,05
Residual	3,50	6	0,58	-
Total	3,56	8	0,445	-

KESIMPULAN

Fluktuasi tata air tumbuhan (plant water relations) dapat dijadikan dasar untuk pendekatan dalam mempelajari stabilitas suatu ekosistem hutan seperti Taman Nasional maupun cagar biosfer lainnya di mana tumbuhan sebagai komponen utama. Hasil pengukuran terhadap fluktuasi tata air yang dideteksi dari komponen potensial air pada Kianak (*Castanopsis accuminatissima*), spesies yang cukup dominan di kawasan Taman Nasional Gunung Halimun (TNGH), menunjukkan bahwa nilai ψ (potensial air) sangat kurang negatif, bahkan mendekati nol. Nilai potensial osmotik masih berada pada kisaran tumbuhan tropik lainnya yang pernah dilaporkan. Nilai ini tidak menunjukkan bahwa kianak dalam kondisi stres osmotik, sementara nilai tekanan turgor cukup besar, sehingga menjamin pertumbuhannya. Tidak terjadi fluktuasi harian potensial air (*diurnal water potential*) yang signifikan. Sementara itu, nilai potensial air total pada turgor loss point tergolong cukup negatif.

Walaupun data yang diperoleh masih sangat terbatas, namun terdapat indikasi bahwa Kianak tidak berada dalam situasi stres air maupun gangguan lingkungan fisik yang mempengaruhi mikroklimat sekitarnya. Ini berhubungan erat dengan kondisi lingkungan ekosistem TNGH yang masih stabil. Kianak termasuk spesies yang dapat bertahan terhadap stres air pada tingkat *moderate* seperti diekspresikan melalui nilai potensial air pada turgor loss point. Sehingga jika terjadi kerusakan lingkungan yang mengakibatkan timbulnya stres air (*drought*), Kianak dapat bertahan pada tingkat sedang, yaitu pada potensial air di bawah -2 MPa.

Perlu studi lanjutan untuk mempelajari fluktuasi tata air baik *diurnal* maupun musiman (*seasonal fluctuations*), dan diperluas dengan jenis-jenis tumbuhan Taman Nasional secara lebih luas dan mendalam. Informasi-informasi tata air tumbuhan (*Plant Water Relations*) sangat diperlukan dalam manajemen Taman Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

Bowman WD and Roberts SW. 1985. Seasonal and Diurnal Water Relations Adjustment in Three Evergreen Chaparral Shrubs. *Ecology*, 66: 738-742.

- Kramer PJ. 1983. *Water Relations of Plants*. Academic. Orlando.
- Martin ET dan Firth JR. 1983. *Core Business Studies: Statistics*. Mitchell Beazley, London.
- Medina E, Mooney HA and Vásquez-Yáñez C (Editors). 1984. *Physiological Ecology of Plants of the Wet Tropics*. Dr W Junk. The Hague.
- Naiola BP. 2000. "Pressure Chamber", Alat untuk Mengukur Status dan Tata Air Dalam Tumbuhan. *Berita Biologi* 5 (1), 125-130.
- Naiola BP, 2000. Potensial Air pada Turgor Loss Point Tumbuhan Hutan Gambut Dalam Kondisi Stres Genangan di Kawasan Sungai Sebangau, Kalimantan Tengah. *Berita Biologi* 5 (3), 341-348. (Edisi Khusus Peatland Indonesia).
- Naiola BP. 2002. Fluktuasi Komponen Potensial Air Pada Rambutan Dalam Beradaptasi terhadap Kondisi Kekeringan. *Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional IX PERSADA, Bogor, 19 Maret 2002*. PERSADA-FMIPA IPB-Departemen Kelautan dan Perikanan RI.
- Naiola BP, E Sambas, Suciati, T Juhaeti dan F Syarif, 1996. Pendekatan biologis untuk reklamasi hutan terdegradasi: kasus penambangan emas di Bojongpuri, Jampang, Sukabumi. *Prosiding Temu Profesi Tahunan PERHAPI*, 129-138.
- 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 dan F Syarif, 1996. Analisa tata air pada dua spesies gulma babadotan (*Ageratum conyzoides*) dan nampong (*Clibadium surinamense*) dalam hubungannya dengan adaptasi terhadap stres air dan salinitas. *Prosiding I Konferensi Nasional dan Seminar Ilmiah Himpunan Ilmu Gulma Indonesia*, 49-54.

Sinclair R and Venables WN. 1983. An Alternative Method for Analysing Pressure-Volume Curves Produced with the Pressure Chamber. *Plant, Cell and Environment* 6, 211-217.

Sutcliffe JF. 1979. *Plants and Water*. Edward Arnold. London.

Tyree MT and Jarvis PG. 1982. Water in Tissues and Cells. *Dalam: Physiological Plant Ecology II. Encyclopedia of Plant Physiology* 12B, 35-77. Springer-Verlag. Berlin.

Syarif F dan BP Naiola, 1996. Fluktuasi nilai osmotik sambiloto terhadap berbagai kondisi stres air. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia* 3, 12-14.

ABSTRACT

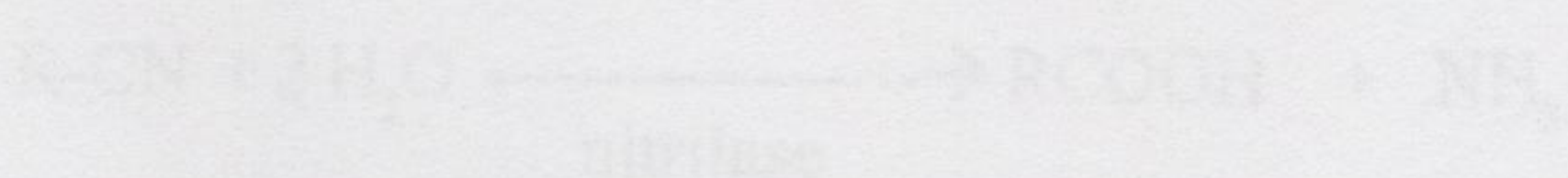
An abstract is a brief summary of the main points of a paper. It should be written in a concise and factual manner, and should not exceed 10% of the total length of the paper. It should be written in a clear and simple language, and should be easy to read. It should be written in a way that is consistent with the rest of the paper, and should be written in a way that is consistent with the rest of the paper.

Key words: Chondrichthyes, artificial, Pseudocarcharias kamoharui

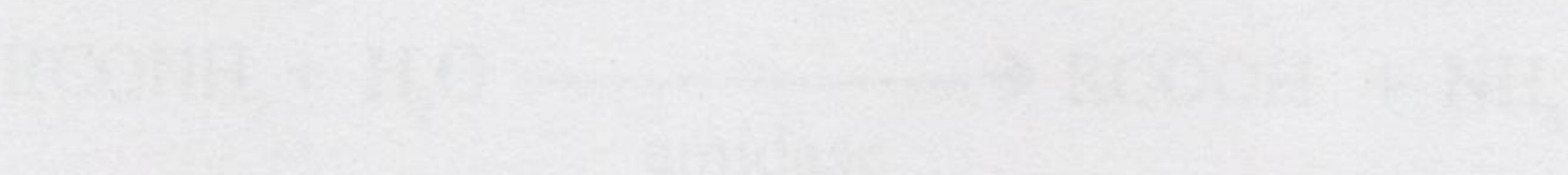
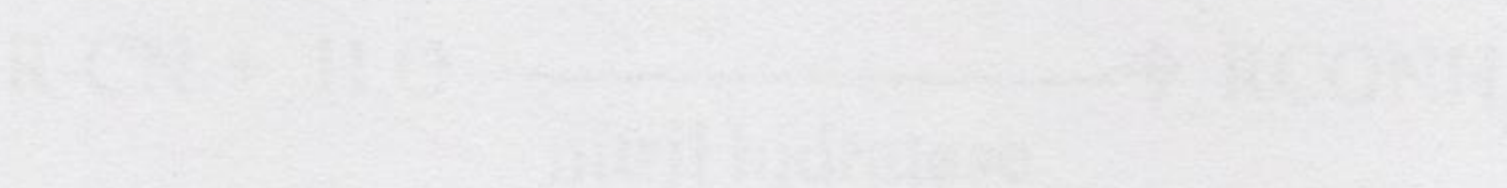
PENDAHULUAN

Asam lemak (FA) dapat dihasilkan secara enzimatik oleh bakteri aerobik yang dikenal sebagai *Nocardia asteroides* 11160-21 dapat menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2%, dan menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973). Chondrichthyes (ikan hiu) menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973). Chondrichthyes (ikan hiu) menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973). Chondrichthyes (ikan hiu) menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973).

Senyawa nitril dihasilkan secara enzimatik oleh bakteri aerobik yang dikenal sebagai *Nocardia asteroides* 11160-21 dapat menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2%, dan menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973). Chondrichthyes (ikan hiu) menghasilkan asam lemak dengan kadar 1% dan 2% (Dierckx & Aerts, 1973).



Nitril hidrolase (EC 3.5.1.4) mengubah nitril menjadi asam. Senyawa nitril dikenal sebagai prekursor untuk asam lemak dan asam lemak lainnya (EC 3.5.1.4) (Kobayashi & Shimizu, 2000).



Aktivitas nitril hidrolase dan nitril hidrolase dapat diukur dengan menggunakan substrat nitril yang berbeda-beda. Aktivitas nitril hidrolase dapat diukur dengan menggunakan substrat nitril yang berbeda-beda. Aktivitas nitril hidrolase dapat diukur dengan menggunakan substrat nitril yang berbeda-beda.

Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas nitril hidrolase adalah pH media. Aktivitas nitril hidrolase meningkat pada pH 7-8, dan menurun pada pH 5-6. Aktivitas nitril hidrolase juga dipengaruhi oleh konsentrasi substrat nitril. Aktivitas nitril hidrolase meningkat dengan meningkatnya konsentrasi substrat nitril. Aktivitas nitril hidrolase juga dipengaruhi oleh suhu media. Aktivitas nitril hidrolase meningkat dengan meningkatnya suhu media. Aktivitas nitril hidrolase juga dipengaruhi oleh waktu inkubasi. Aktivitas nitril hidrolase meningkat dengan meningkatnya waktu inkubasi.

Karakteristik nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21 adalah sebagai berikut: (1) nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21 adalah nitril hidrolase yang bersifat intraseluler, (2) nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21 adalah nitril hidrolase yang bersifat spesifik, (3) nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21 adalah nitril hidrolase yang bersifat reversibel, (4) nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21 adalah nitril hidrolase yang bersifat stabil.

Tujuan penelitian

Melakukan karakterisasi enzim nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik enzim nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik enzim nitril hidrolase yang dihasilkan oleh *Nocardia asteroides* 11160-21.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Nocardia asteroides* 11160-21, substrat nitril, media kultur, dan reagen kimia lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Nocardia asteroides* 11160-21, substrat nitril, media kultur, dan reagen kimia lainnya.