

**TATA AIR PODOLANDAK (*Baccaurea* sp.), SPESIES JARANG KAWASAN HUTAN TROPIS TERDEGRADASI AKIBAT PENAMBANGAN EMAS DI BOJONGPARI, JAMPANG, PELABUHAN RATU, JAWA BARAT**

[Water Relations of Podolandak (*Baccaurea* sp.) a Rare Species of a Degraded Tropical Forest Land Under Gold Mining Pressure in Jampang, West Java]

**B. P. Naiola**

Laboratorium Stres Fisiologi-Treub, Balitbang Botani Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor

**ABSTRACT**

Forest exploitation activities always brings some environmental problems such as reduction in individual plant or species biodiversity and some physical deterioration which lead to microclimate change. This study presenting the results of measurement of plant-water relations against a shrub plant (Sundanese) podolakan (*Baccaurea* sp.), a rare species in a degraded tropical forest land under gold mining pressure in Jampang, Pelabuhan Ratu, West Java. Results shows that no significant differences between plants growing in the degraded and non-degraded (natural) sites in their water relations aspects emphasized on water potential components i.e. total water potential ( $\Psi$ , -MPa): 0,48 and 0,38, osmotic potential ( $\Psi_{\pi}$ , -MPa): 1,64 and 1,44 and turgor pressure ( $\Psi_p$ , MPa): 1,16 and 1,06 respectively. The values of their turgor loss point showed no significant different either between degraded and natural sites, i.e. -1,93 MPa and -1,43 MPa. Interestingly, in comparison with the dominant species i.e. *puspa* (*Schima wallichii* (DC) Korth.) in the non-degraded site, results shows a significant different between these two degraded forest species in their  $\Psi_p$ , ( $0,01 > P > 0,001$ ), where there was better developed in the rare species (-1,44 MPa) than the dominant ones (-1,29 MPa). While in the degraded site, there was also a significant different ( $P < 0,001$ ), where the rare species had better development (-1,64 MPa) than the dominant (-0,67 MPa). It seems that the dominant species in the degraded site underwent more environmental (water) stress than the rare species as shown by more negative of its  $\Psi$  (-0,82 MPa), while rare species was only -0,48 MPa. Water potentials at turgor loss points were not significantly different between *Baccaurea* sp. in degraded and natural sites. It is suggested that even though as a rare species, *Baccaurea* sp. retained better water status. This is maybe due to its position in the forest as lower strata plants, thus received less effect of climatic stress in upper canopy such as more light intensity and bigger wind flow. Hence, in natural reclamation, plant species like *Baccaurea* sp. may have better chance to role as pioneering species. No significant differences in  $f^*$  ( $f^*$  turgor loss points) between the degraded and natural sites (-1,93 and -1,43 MPa respectively). It is suggested that water is not a limiting factor for the plants in degraded tropical forest site under gold mining pressure.

Kata kunci/ keywords: *Tata air tumbuhan/ Plant Water Relations, komponen potensial air/water potential components, hutan terdegradasi/degraded forest, tambang emas/gold mining, Baccaurea* sp., *spesies jarang/rare species, hutan tropik/tropical forest.*

Catatan: 1 MPa = 10 bar; 1 bar = 0,987 atmosfe r = 14,5 psi, pound per square inch

**PENDAHULUAN**

Dalam suatu kegiatan penambangan, resiko kerusakan lingkungan tampaknya tidak dapat dihindari. Hal ini karena keberadaan bahan tambang tersebut secara alamiah berinteraksi dan kait-mengait dengan lingkungannya sendiri yang meliputi berbagai sumber daya lain seperti tanah, air dan tumbuhan, maka salah satu aspek mendasar yang tidak dapat dihindari dalam eksploitasi dan pengolahan bahan tambang ini ialah *terjadinya kerusakan lingkungan* (environmental deterioration). Kerusakan (deteriorasi) lingkungan yang

ditimbulkan oleh kegiatan eksploitasi bahan tambang jika melampaui ambang terpulihkan (*renewable threshold*) akan menimbulkan kerusakan permanen dengan akibat degradasi lingkungan yang permanen pula (Naiola *et al*, 1996).

Definisi lahan terdegradasi dikemukakan dalam Kongres Internasional "Tanah Ekosistem Hutan Tropik" tahun 1995 di Balikpapan, diartikan sebagai lahan yang mengalami penurunan kapasitas produktivitas karena salah penggunaan dan salah manajemen melalui satu serf proses degradasi yang

berinteraksi: fisik, kimia dan biologi (UNEP, 1982 dalam Lai, 1995).

Salah satu kawasan penambangan yang jelas menyebabkan lahan mengalami degradasi adalah di yang diakibatkan oleh kegiatan penambangan bijih emas skala kecil (untuk selanjutnya dipakai istilah ini), atau penambangan rakyat di kawasan hutan primer Bojongpuri, Jampang, Palabuhan Ratu, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Kegiatan penambangan di kawasan hutan ini dilakukan oleh penduduk yang bermukim di sekitar kawasan, yang sebagian besar bersifat liar, sehingga hampir tidak ada kontrol terhadap kerusakan lingkungan yang terjadi.

### **Kegiatan dan kondisi lingkungan pasca-tambang**

Untuk mendapatkan bijih emas pada batu-batuan, penduduk menggali lubang (dengan peralatan sederhana) sedalam 25 hingga 30 m arah vertikal. Pada beberapa bagian dibuat lagi terowongan radial terhadap lubang vertikal ini untuk mengeksploitasi batuan yang diduga mengandung bijih emas. Tanah hasil galian ditimbun di sekitar lubang saja. Sebagian tanah bercampur batuan dibawa ke dekat sungai untuk proses amalgamasi (Naiola e/a/., 1997).

Kondisi pasca-tambang berupa lubang-lubang terbuka/ menganga, gundukan tanah lapisan bawah maupun bebatuan. Di kawasan hutan, sebagian besar tumbuhan yang membentuk lapisan lantai hutan (*forest floor, forest carpet*) menjadi rusak, bahkan sebagian musnah. Lapisan bawah ini terdiri dari sejumlah spesies tumbuhan semak, rumput-rumputan dan liana (pemanjat). Gejala lain yang menonjol yaitu kekayaan serasah yang menurun drastis. Serasah terdiri dari daun-daunan, ranting, bunga maupun buah tumbuhan yang berluruhan. Alam menyediakan pula mikrobia/ jasad renik yang bertugas menguraikan lapisan serasah ini menjadi komponen-komponen kimia yang lebih sederhana dan siap dimasukkan kembali

ke dalam siklus hara di hutan yang cenderung bersifat tertutup (Naiola *et al.*, 1997).

Salah satu komponen utama hayati yang paling mengalami stres akibat penambangan di kawasan hutan adalah tumbuhan. Stres yang dialami tumbuhan dapat dalam berbagai bentuk antara lain terjadinya perubahan iklim mikro (iklim di sekitar daerah tumbuh aktif tumbuhan) sebagai akibat perubahan sifat fisik lingkungan. Perubahan sifat fisik dan kimia tanah, akan berakibat terhadap kualitas tanah mudah mengalami erosi sehingga unsur-unsur hara esensial terkikis. Lahan menjadi kurang produktif. Kehilangan/ penurunan drastis sejumlah spesies tumbuhan (maupun hewan). Kanopi/tajuk tumbuhan menjadi terbuka, sehingga suhu tanah meningkat, mendorong laju evapo-transpirasi lebih tinggi, sehingga tanah lebih kering. Pohon hutan alami berakar-dalam (*deep rooted*) yang ditebang akan mengakibatkan ketidakseimbangan air yaitu terdorongnya garam-garam oleh air tanah ke/lebih mendekati permukaan tanah, dan mendeposit garam-garam di permukaan tanah sehingga menimbulkan masalah salinitas (McWilliam, 1986).

### **Pengaruh kegiatan penambangan terhadap kualitas lingkungan setempat**

Sambas dan Prawiroatmodjo (1995), mengamati kekayaan spesies kelompok tumbuhan pohon (diameter batang setinggi dada >10 cm) dan kelompok tumbuhan semak/belta (diameter batang <10 cm) di hutan primer Bojongpuri. Jika dibandingkan antara lahan tertambang (degradasi) dengan lahan tidak tertambang (tidak terdegradasi), tampak jelas telah terjadi penurunan secara drastis kekayaan spesies tumbuhan di lahan hutan bekas tambang (terdegradasi) dibanding lahan tidak tertambang. Penimbunan sisa galian tanah di sekitar daerah risosfer yang berasal dari strata bawah lapisan tanah, telah merubah komposisi hara tanah yang dapat diserap tumbuhan (Juhaeti dan Naiola, 1997). Perubahan kondisi ini juga

mempengaruhi kekayaan mikroba tanah setempat (Suciati, 1995).

### Tujuan penelitian

Secara keseluruhan, kondisi terdegradasi ini mempengaruhi pertumbuhan tetumbuhan setempat dalam berbagai aspek dan berbagai tingkat pertumbuhan. Laporan ini merupakan hasil penelitian tata air tumbuhan (*plant-water relationship*) salah satu spesies tumbuhan yang berstatus jarang (rare) yaitu *Bacaurea* sp. (podolanda, Sunda) di lahan terdegradasi ini. *Bacaurea* sp. yang berupa semak ini, sebagai salah satu spesies yang jarang dalam arti memiliki frekuensi keterdapatannya dalam plot pengamatan yang rendah. Data tata air spesies ini kemudian dibandingkan juga dengan spesies dominan setempat dalam plot eksperimen (Sambas dan Prawiroatmodjo, 1995) yaitu pusa (*Schima wallichii* (DC) Korth.). Seberapa jauh keadaan terdegradasi ini mempengaruhi tata air spesies jarang dan kemampuan spesies ini mengatur tata air (*water relations*) tubuhnya dalam kondisi terdegradasi akan diperlihatkan. Pengaturan tata air ini mungkin dilakukan dengan beberapa cara antara lain meregulasi daya osmotik sel agar tetap mempertahankan sejumlah air tertentu dalam sel bila dalam kondisi stres (Turner dan Jones, 1980; Morgan, 1984). Kemampuan mengatur tata air tubuh ini tampaknya juga sudah merupakan sifat bawaan (genetik), dan sifat/kemampuan ini dapat dianalisa (Naiola dan Syarif, 1996).

Komponen utama studi ini dilakukan dengan menginterpretasi kurva Pressure-Volume (P-V curve) yang dirurunkan dari sample tumbuhan ini, meliputi nilai komponen potensial air yaitu potensial air total ( $W$ ), potensial osmotik ( $Q\psi_n$ ) dan potensial turgor ( $OF_p$ ). Analisa lanjut dilakukan terhadap nilai potensial air total pada saat sel mengalami kehilangan tekanan turgor.

Informasi ini dapat memberikan gambaran bagaimana perubahan fisik lingkungan

hutan terdegradasi akibat kegiatan penambangan emas mempengaruhi tata air tumbuhan jarang (rare plants).

### BAHAN DAN METODE

Penelitian ini berlangsung pada bulan Juni 1995. Sampel diperoleh dari kawasan hutan yang mengalami degradasi. Komponen potensial air [potensial air total ( $QV$ ), potensial osmotik ( $Q\psi_k$ ) dan tekanan turgor,  $i/p$ ], diukur dengan menggunakan "pressure chamber" (PC) (Scholander *et al*, 1964). Metoda ini telah beberapa kali digunakan pula dalam beberapa penelitian (Sinclair dan Venables, 1983; lihat juga Naiola dan Murningsih, 1995; Naiola dan Syarif, 1995) dan pembahasan tentang alat ini secara detil (Naiola, 2000).

Nilai potensial turgor diperoleh dengan menggunakan persamaan di bawah yang menjelaskan hubungan antar ketiga komponen potensial air tersebut (Tyree and Jarvis, 1982; Kramer, 1983; Naiola, 2000), yaitu  $\psi = \psi_n + \psi_p$ ; simbol  $\psi$  adalah potensial air total,  $\psi_n$ , potensial osmotik dan  $\psi_p$  ialah potensial turgor. Penentuan  $\psi$  pada  $\psi$  (nilai potensial air pada saat jaringan mulai kehilangan tekanan turgor) juga diinterpretasi dari kurva P-V (Naiola, 2000).

Pengukuran dilakukan terhadap *Bacaurea* sp. baik yang tumbuh di kawasan terdegradasi, maupun diperoleh dari sample yang tumbuh di kawasan yang tidak mengalami penambangan di sekitar lokasi setempat (kontrol), masing-masing 3 ulangan. Uji signifikansi antar perlakuan (terdegradasi dan kontrol) dilakukan dengan menggunakan *t test - different between means of two samples* (Swinscow, 1983). Sebagai informasi tambahan, dilakukan pengujian perbandingan terhadap data spesies dominan (puspa, *Schima wallichii*), yang tumbuh pada plot yang sama.

### HASIL

Tabel 1 memuat hasil pengukuran komponen potensial air (potensial air total  $\psi^F$ ), potensial osmotik  $\psi^O$ , dan potensial turgor  $T_p$ ) pada podolanda, *Bacaurea* sp.

**Tabel 1**

Nilai komponen potensial air (MPa) podolandak,  
*Baccaurea* sp. W (-MPa), ^ (-MPa) dan ¥,,  
 (n=3). KPA: komponen potensial air, P: probabilitas hasil *t-test*

Perlakuan	Terdegradasi	Alami (tidak terdegradasi)	P
KPA			
$\Psi$	0,48	0,38	0,1>P>0,05ns
$\Psi_{\pi}$	1,64	1,44	0,5>P>0,1 ns
$\Psi_p$	1,16	1,06	P>0,5 ns

**Tabel 2**

Nilai \*P (-MPa) pada saat turgor mencapai nol (turgor lost point,  $\Psi_{po}$ )  
 pada *Baccaurea* sp. (n=3) P: probabilitas, hasil *t-test*

Perlakuan	$H_{po}$	P
Terdegradasi	1,93	0,1>P>0,05 ns
Alami (tidak terdegradasi)	1,43	

Tampak bahwa ketiga komponen potensial air *Baccaurea* sp. ini tidak berbeda nyata antara lahan terdegradasi dan lahan alami. Nilai potensial air terutama di kawasan terdegradasi menunjukkan kondisi terairi-baik (*well-watered*) untuk tumbuhan di lingkungan tropik, sehingga gejala stress air tidak ditampakkan. Nilai potensial osmotik spesies jarang ini juga tidak berbeda nyata antar kedua lokasi yang secara fisik berbeda karena kegiatan penambangan. Demikian pula tekanan turgor tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

Tabel 2 memuat nilai \*P pada kondisi ^ (turgor mencapai nol) yaitu pada saat sel mulai mengalami plasmolisis pada *Baccaurea* ini. Tampak bahwa nilai ^ juga tidak berbeda nyata antara kedua lokasi perlakuan ini.

pembatas dalam pertumbuhan tetumbuhan kawasan tropik seperti di kawasan Bojongpari ini namun kerusakan lingkungan akibat penambangan dapat menjadi pemicu terjadinya ketidakseimbangan tata air dalam tubuh tumbuhan, yang ditampakkan dari perilaku tata air tubuhnya.

Secara teoritis komponen potensial air (\*P, \*P^ dan \*F<sub>p</sub>) *Baccaurea* sp. antara kedua lokasi (degradasi dan alami), seyogyanya berbeda nyata karena perbedaan kualitas lingkungan. Demikian pula nilai ¥ pada saat jaringan mulai kehilangan tekanan turgor (turgor lost point, ¥,,,) diharapkan demikian pula. Namun data menunjukkan sebaliknya. Status tidak berbeda nyata ini menunjukkan bahwa walaupun telah terjadi kerusakan lingkungan tumbuh akibat kegiatan penambangan seperti terbukanya kanopi hutan, terusnya permukaan tanah di sekitar daerah pertumbuhan akar (rhizosfer), belum merupakan faktor penentu dalam mempengaruhi tata air spesies jarang ini.

Sebaliknya, fenomena perbedaan tata air ini dialami oleh spesies tumbuhan hutan primer di lokasi yang sama, yaitu puspa {*Schima wallachii* (DC) Korth.}, bervariasi (data tidak ditabelkan; Naiola *et al*, *in press*). Pada spesies dominan ini, terdapat perbedaan nyata pada potensial air total (¥) antara lahan terdegradasi (-0,82 MPa) lebih besar (negatif) dari sample kawasan alami (-0,55

MPa). Hal ini disebabkan oleh bentuk puspa sebagai kelompok pohon (tinggi mencapai 10-15 m), sehingga kanopi pohon yang terbuka akan mendapat pengaruh langsung terhadap fluktuasi iklim seperti intensitas sinar matahari yang lebih tinggi dan arus angin yang lebih besar. Ini menimbulkan suhu daun-daun di sekitar kanopi (strata atas) akan lebih tinggi dari bagian di bawahnya sehingga mendorong pembukaan stomata, oleh karena itu meningkatkan arus transpirasi (yang berarti kehilangan air) lebih besar. Kehilangan uap air dari sel-sel mesofil tidak dapat dihindari karena terdapat gradien potensial air antara atmosfer dengan daun-daun di sekitar kanopi atas dan daun-daun pada strata bawah. Meningkatnya velositas angin yang besar juga akan meningkatkan arus transpirasi karena terusiknya 'boundary layer', yaitu suatu lembaran uap air yang stabil di sekitar permukaan daun yang biasanya terbentuk dalam kondisi udara tanpa turbulensi yang berarti (Kramer, 1983). Lembaran ini berfungsi sebagai pelindung terhadap kehilangan air. Sedangkan pada podolanda, sebagai tumbuhan semak yang tumbuh pada strata lebih bawah akan relatif terlindung, sehingga kehilangan air lebih terkontrol. Tampak pula bahwa nilai potensial air *Baccaurea* kurang negatif berturut-turut pada kawasan alami (-0,38) dan terdegradasi (-0,48 MPa) dibandingkan dengan puspa (-0,55 MPa) dan (-0,82 MPa).

*Uji t* juga telah dilakukan terhadap nilai potensial osmotik antara *Baccaurea* dengan puspa pada lahan alami (tidak terdegradasi). Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar kedua spesies ini ( $0,01 > P > 0,001$ ). *Baccaurea* lebih mengembangkan nilai osmotiknya (-1,44 MPa) dibanding dengan puspa (-1,29 MPa). Selanjutnya *uji t* terhadap sampel lahan terdegradasi menunjukkan adanya beda yang signifikan ( $P < 0,001$ ), di mana *Baccaurea* mencapai (-1,64 MPa) sedangkan puspa (-0,67 MPa). Gejala

ini menarik perhatian, yaitu bahwa puspa lahan terdegradasi lebih mengalami stress air ( $\Psi$ , -0,82 MPa). Namun tidak terdapat indikasi bahwa spesies ini melakukan upaya untuk meregulasi nilai osmotiknya (Naiola *et al*, 1997). Sebaliknya nilai  $\Psi$ , pada *Baccaurea* pada kedua lokasi (terdegradasi dan alamiah) lebih besar (lebih negatif) dan signifikan terhadap puspa. Pada Tabel 1, dalam satu kali pengukuran, nilai  $\Psi$ , *Baccaurea* tidak mengindikasikan spesies ini melakukan regulasi osmotik; namun nilai osmotiknya lebih berkembang dibandingkan dengan puspa. Oleh karena itu tersedia peluang lanjut untuk melakukan penelitian lebih intensif terhadap spesies jarang ini dalam aspek regulasi osmotiknya meliputi fluktuasi antarwaktu, dengan sample yang lebih banyak. Fenomena regulasi osmotik ini merupakan suatu gejala alam, yaitu upaya tumbuhan menurunkan secara luar biasa potensial osmotik cairan sel (cell sap) ke tingkat yang lebih negatif sebagai akibat sintesa solut (*solute*) atau zat terlarut baru dan akumulasinya dalam protoplasma, atau dengan kata lain menurunnya daya osmotik sel lebih daripada sekedar nilai yang diakibatkan oleh dehidrasi (Munns, 1988; Kramer, 1983; Naiola, 1996). Peluang penelitian lain yaitu deteksi komponen-komponen organik yang disintesa oleh puspa sebagai konstituen osmotik dalam meregulasi nilai osmotiknya.

Upaya meregulasi daya osmotik sel yakni untuk menghindari dinding sel (turgor) kehilangan daya tekan, yang berarti pula menghindari terjadinya plasmolisis. Nilai turgor yang tetap dipertahankan di atas nol menjamin terus berlangsungnya pembelahan sel, oleh karena itu pertumbuhan tetap berlangsung (Zimmermann, 1978; Tyree dan Jarvis, 1982). Gejala stres yang dialami puspa di kawasan terdegradasi tampak dari pencapaian nilai turgor yang menjadi lebih kecil (0,85 MPa), walaupun potensial osmotik lebih

besar, dibandingkan dengan *Baccaurea* (1,16 MPa).

Oleh karena itu cukup beralasan untuk mengatakan bahwa walaupun berstatus sebagai spesies jarang di kawasan hutan yang mengalami degradasi oleh kegiatan fisik, *Baccaurea* masih tetap mampu mempertahankan tata airnya. Karena status sebagai tumbuhan pada strata lebih rendah memungkinkan tumbuhan ini terhindar dari pengaruh perubahan fisik ini yang lebih banyak terjadi pada strata atas. Pada strata bawah, perubahan seperti fisik tanah (penggalian) tampaknya masih dapat ditoleransi oleh tetumbuhan setidak-tidaknya *Baccaurea*. Perubahan secara fisik daerah rizosfer tumbuhan setempat masih dapat ditoleransi oleh *Baccaurea*, walaupun terdapat indikasi adanya penurunan kekayaan hara (Juhaeti dan Naiola, 1997) atau penurunan kuantitas populasi mikoriza setempat (Suciatmih, 1995).

Spesies-spesies layaknya *Baccaurea* sp., mungkin akan berperan besar dalam proses reklamasi alami sebagai spesies pioner, jika sekiranya reklamasi harus dikembalikan kepada alam sendiri. Walaupun demikian, masih ada kendala genetik pada *Baccaurea* sp. ini yaitu lebih peka terhadap perubahan volume air tempat tumbuhnya dibanding puspa. Ini ditunjukkan dari nilai  $\Psi^*$  (-MPa) pada saat turgor mencapai nol (turgor lost point,  $\Psi_{t=0}$ ), kurang negatif pada kedua lokasi terdegradasi dan alami (-1,93 MPa dan -1,43 MPa), sementara puspa (-2,02 MPa dan -1,67 MPa). Semakin peka suatu tumbuhan terhadap stres air, semakin tinggi (kurang negatif) pula potensial air di mana sel-sel mulai kehilangan turgor atau layu (incipient plasmolysis) (bd. Bowman dan Roberts, 1985).

## KESIMPULAN

Dalam kondisi hutan yang terdegradasi oleh kegiatan penambangan emas di Bojongpari, Jampang tampak bahwa spesies jarang (rare

species) *Baccaurea* sp., lebih mampu mengendalikan tata airnya dibanding spesies dominan yaitu puspa (*S. wallachii*). Hal ini mungkin karena kedudukan *Baccaurea* sp. sebagai tumbuhan semak/ perdu pada strata yang lebih rendah/ bawah, lebih sedikit mengalami pengaruh perubahan iklim yang terjadi pada strata atas akibat kanopi yang terbuka karena ditebang saat penambangan berlangsung. Peluang sebagai spesies pioner lebih besar dibanding puspa. Namun kendala genetik pada *Baccaurea* sp. tampaknya terletak pada kepekaan terhadap kekeringan. Ini ditampakkan dari nilai  $\Psi$  pada saat turgor mencapai nol (turgor lost point,  $\Psi_{t=0}$ ) lebih kecil dibandingkan dengan puspa.

## KEPUSTAKAAN

- Bowman WD dan Roberts SW. 1985.** Seasonal and diurnal water relations adjustment in three evergreen chaparral shrubs. *Ecology* **66**, 738-742.
- Juhaeti T and Naiola BP. 1997.** Pengaruh Penambangan Emas Tradisional terhadap Status Hara Hutan Primer Bojongpari, Sukabumi. *Berita Biologi* **4**, 21-25.
- Kramer PJ. 1983.** *Water Relations of Plants*. Academic. Orlando.
- Lai R. 1995.** Global Need for Soil Conservation and Restoration. Dalam: *Proceedings International Congress on Soil of Tropical Forest Ecosystems and 3<sup>rd</sup> Conference on Forest Soil*, Volume 2. A Schulte and D Ruchiyat (Editor). Mulawarman University, Balikpapan.
- McWilliam JR. 1986.** The National and International Importance of Drought and Salinity Effects on Agricultural Production. Dalam: *Plant Growth, Drought and Salinity*. NC Turner and JB Passioura (Editor). CSIRO, Australia.
- Morgan JM. 1984.** Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology* **35**, 299-319.
- Munns R. 1988.** Why Measure Osmotic Adjustment? *Australian Journal of Plant Physiology* **15**, 717-726.

- Naiola BP, Syarif F and Sinclair R.** Seasonal water relations of puspa (*Schima wallichii*), a dominant species of a degraded tropical forest area under gold mining pressure in Jampang, West Java, Indonesia. *In Press*.
- Naiola BP. 1996.** Regulasi Osmotik Sebagai Kriteria Seleksi untuk Pemuliaan Benih Tanaman Resisten Stres Air dan Salinitas. *Makalah dipresentasikan dalam Seminar Pemuliaan Dalam Menumbuhkan Industri Perbenihan Memasuki Abad 21, Bandung, 16 Juli 1996.* Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (PERIPI).
- Naiola BP dan Murningsih T. 1995.** Estimasi "osmotic adjustment" dan akumulasi proline sebagai komponen osmotikum sitosolute dalam stres salinitas NaCl pada kedele. *Prosiding Kongres Ilmu Pengetahuan Nasional VI: 224-237.*
- Naiola BP, Sambas £, Suciati, Juhaeti T dan Syarif F. 1997.** Pendekatan biologis untuk Reklamasi Hutan Terdegradasi: Kasus Penambangan Emas di Bojongpari, Jampang, Sukabumi. *Prosiding Temu Profesi Tahunan V, Perhimpunan Ahli Pertambangan Indonesia (PERHAPI): 129-138.*
- Naiola BP. 2000.** "Pressure Chamber", Alat untuk Mengukur Status dan Tata Air dalam Tumbuhan. *Berita Biologi 5, 125-130.*
- Sambas E dan Prawiroatmodjo S. 1995.** Perbandingan komposisi jenis tumbuhan hutan dan hutan terganggu (tambang emas) di Jampang, Sukabumi. *Laporan Teknik 1994-1995, Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor.*
- Scholander PF, Hammel HT, Hemmingsen EA and Bradstreet ED, 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 Venables WM. 1983.** An Alternative Method for Analyzing Pressure-Volume Curves Produced with Pressure Chamber. *Plant, Cell and Environment 6, 211-217.*
- Suciati 1995.** Population Spore Jamur Pembentuk Mikoriza Vesikular-Arbuskular pada Beberapa Lokasi di Cigaru, Jampang, Palabuhan Ratu, West Java. *Laporan Teknik 1994-1995, Puslitbang Biologi-LIPI, Bogor.*
- Swinscow TD. 1983.** *Statistics at Square One.* British Medical Association, Tavistock Square, London.
- Turner NC and Jones MM. 1980.** Turgor maintenance by osmotic adjustment: A Review and Evaluation. In: *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stresses.* NC Turner and PJ Kramer (Ed.). John Wiley. New York.
- Tyree MT and Jarvis PG. 1982.** Water In Tissue and Cells. In: *Physiological Plant Ecology II, Encyclopedia of Plant Physiology 12.* Springer-Verlag. Berlin.
- Zimmermann U. 1978.** Physics of Turgor and Osmoregulation. *Annual Review of Plant Physiology 29, 121-148.*