

Kajian Pemilihan Jenis Tumbuhan Untuk Restorasi Hutan Berdasarkan Beberapa Parameter Fotosintesis (Selecting Plant Species for Forest Restoration Based on Their Photosynthetic Parameters)

Tinia Leyli Shofia Ahmad¹, Dede Setiadi¹, & Didik Widyatmoko²

¹Laboratorium Ekologi Dasar, Fakultas Kehutanan IPB, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor

² UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas – LIPI, Cipanas, Cianjur 43253

Email: didik_widyatmoko@yahoo.com

Memasukkan: Maret 2013, **Diterima:** Mei 2013

ABSTRACT

Forest restoration is a process of ecosystem conditioning (soil, vegetation, and wildlife) in order to achieve similar patterns and profiles to previous conditions and status before the ecosystem was disturbed, both in terms of species composition and structure, and habitat functions. Restoration is a crucial part to maximize the conservation values of biodiversity and ecosystem functions. Eight different native plant species were assessed in this research while the photosynthetic parameters studied included the total chlorophyll content, carbohydrate content, CO₂ sequestration capacity, leaf weight, leaf number, leaf area and leaf water content. Spectrophotometer was operated to analyse chlorophyll content, the Somogyi-Nelson method was used to calculate carbohydrate content, and leaf area was measured using the leaf area meter. The research results using the principal component analysis showed that each type of the plant species used for the restoration (2 years old after planting) had different characteristics in terms of photosynthetic parameters studied. *Dacrycarpus imbricatus* and *Syzygium lineatum* both had the highest carbohydrate contents and the best abilities to absorb CO₂. *Sloanea sigun*, *Alstonia scholaris*, *Manglietia glauca*, and *Castanopsis argentea* had higher total chlorophyll contents than others, while *Altingia excelsa*, *M. glauca*, *A. scholaris*, and *Schima wallichii* had higher water contents. *A. scholaris*, *M. glauca*, and *S. sigun* had heavier leaf weights. In contrast, *M. glauca* possessed the widest leaves amongst the species observed.

Keywords: forest restoration, photosynthetic parameters, native species

ABSTRAK

Restorasi hutan merupakan suatu proses pengkondisian ekosistem (meliputi komponen tanah, vegetasi dan satwa liar) dalam upaya mencapai kondisi-kondisi seperti sebelum ekosistem tersebut terganggu (rusak), baik dari segi struktur vegetasi, komposisi jenis dan fungsi-fungsi habitatnya. Restorasi merupakan bagian sangat krusial dalam konservasi untuk memaksimalkan nilai-nilai keanekaragaman hayati dan fungsi-fungsi ekosistem. Delapan jenis tumbuhan asli (*native*) digunakan dalam penelitian restorasi ini dengan cara mengkaji parameter-parameter fotosintetiknya, meliputi kandungan klorofil total, kandungan karbohidrat, kapasitas sekuestrasi CO₂, bobot daun, jumlah daun, luas daun, dan kadar air daun. Metode spektrofotometri digunakan untuk menganalisis kandungan klorofil, metode Somogyi-Nelson dipakai untuk menghitung kandungan karbohidrat, sedangkan *leaf area meter* digunakan untuk menentukan luas daun. Hasil penelitian dengan menggunakan analisis komponen utama (*Principal Component Analysis*) menunjukkan bahwa masing-masing jenis tumbuhan untuk restorasi ini (berumur dua tahun setelah tanam) memiliki karakteristik-karakteristik fotosintetik yang berbeda. *Dacrycarpus imbricatus* dan *Syzygium lineatum* memiliki kandungan karbohidrat dan kapasitas mengabsorpsi CO₂ paling tinggi. *Sloanea sigun*, *Alstonia scholaris*, *Manglietia glauca*, dan *Castanopsis argentea* memiliki kandungan klorofil total lebih tinggi daripada jenis-jenis lainnya, sedangkan *Altingia excelsa*, *M. glauca*, *A. scholaris*, dan *Schima wallichii* mempunyai kandungan air yang lebih tinggi. *A. scholaris*, *M. glauca*, dan *S. sigun* memiliki bobot daun lebih besar, sementara *M. glauca* secara signifikan memiliki luas daun paling besar di antara jenis-jenis yang diteliti.

Kata Kunci: Restorasi hutan, parameter fotosintesis, jenis lokal

PENDAHULUAN

Berdasarkan Penunjukan Kawasan Hutan, Perairan dan Tata Guna Hutan Kesepakatan, luas hutan Indonesia meliputi 137.090.468,16 ha dan menempati urutan ketiga di dunia setelah Brazil dan Zaire (<http://www.dephut.go.id/INFORMASI/BUKU2/Strategis>). Selama dasa warsa terakhir, kehilangan penutupan hutan akibat deforestasi dan degradasi di wilayah hutan tropis telah mengakibatkan kenaikan emisi gas rumah kaca secara global (GRK) 10-20% (Santilli *et al.* 2005). Berdasarkan data dan hasil analisis Departemen Kehutanan RI, periode 1985-1997 laju deforestasi dan degradasi di Indonesia mencapai 1,8 juta hektar per tahun dan pada periode 1997-2000 terjadi peningkatan yaitu mencapai rata-rata 2,8 juta hektar tetapi menurun kembali pada periode 2000-2005 menjadi 1,08 juta hektar/tahun. Secara umum, penurunan penutupan vegetasi hutan yang sangat besar terjadi di Sumatra dan Kalimantan, pada periode 1997-2000, penurunan juga terjadi di Papua.

Restorasi hutan pada dasarnya merupakan proses pengkondisian ekosistem untuk mencapai pola dan profil yang serupa dengan kondisi pada saat ekosistem belum terganggu, baik dari segi komposisi, struktur, maupun fungsi (Alberta University 2003). Restorasi dilakukan sebagai upaya untuk memaksimalkan konservasi karagaman hayati dan fungsi ekosistem. Jenis pohon yang sesuai dengan tujuan tercapainya mekanisme pembangunan bersih yang melibatkan negara maju dan negara berkembang harus memiliki beberapa kriteria yang sesuai, seperti semai dapat beradaptasi dengan mudah di tempat terbuka, merupakan jenis yang dapat tumbuh dengan cepat, dan dapat berkompetisi dengan rumput atau jenis gulma lainnya (Hidayati *et al.* 2009).

Vegetasi hutan mempunyai peranan yang sangat penting dalam penurunan emisi GRK, ka-

rena hutan merupakan salah satu ekosistem penyerap CO₂ terbesar dan pohon-pohon di dalamnya menggunakan CO₂ dalam proses fotosintesis (MacDicken 1997; Santilli *et al.* 2005). Proses fotosintesis terjadi jika ada cahaya dan pigmen perantara, yaitu klorofil daun. Tumbuhan dengan kandungan klorofil tinggi akan efisien dalam penggunaan radiasi matahari untuk melaksanakan proses fotosintesis (Ceulemans & Saugier 1991).

Ada sekitar setengah juta kloroplas/mm² permukaan daun. Di dalam kloroplas tersimpan klorofil, yaitu pigmen warna hijau yang berfungsi sebagai penyerap cahaya. Karbondioksida memasuki daun dan oksigen keluar melalui stomata. Pada saat klorofil menyerap cahaya, klorofil akan mengalami eksitasi. Energi hasil eksitasi ini akan dimanfaatkan untuk membentuk ATP dan NADPH dan digunakan untuk mereduksi CO₂ menjadi glukosa (Lambers *et al.* 1998; Campbell *et al.* 2010). Glukosa dalam jaringan tanaman akan dimanfaatkan untuk pembentukan akar, batang, daun, bunga dan buah.

Keanekaragaman jenis pohon di hutan Indonesia sangat tinggi. Namun, penelitian mengenai parameter fotosintesis pada tumbuhan hutan masih sangat jarang dilakukan. Dahlan (2007) telah melakukan penelitian mengenai kemampuan beberapa pohon dalam menyerap CO₂ melalui pendekatan analisis karbohidrat, sedangkan Hidayati *et al.* (2011) meneliti kemampuan beberapa pohon dalam menyerap CO₂ dikaitkan dengan kandungan klorofil daun. Saat ini masih sangat perlu dilakukan penelitian untuk melengkapi informasi yang ada agar dapat memberikan kontribusi yang lebih besar dan nyata dalam usaha restorasi hutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter fotosintesis yang berpengaruh pada berbagai jenis tanaman restorasi dan melakukan pemilihan jenis yang paling sesuai untuk program restorasi hutan.

BAHAN DAN CARA KERJA

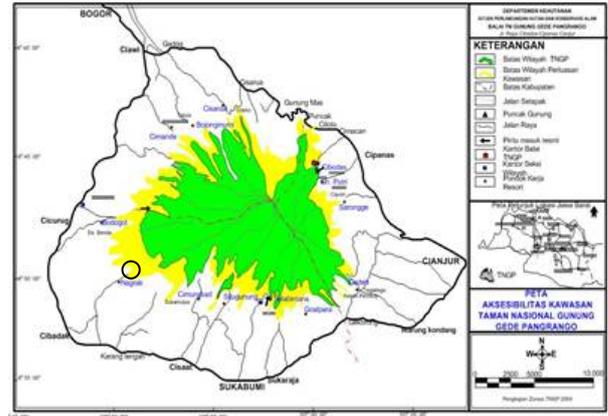
Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari sampai dengan Juli 2011. Pengambilan sampel dilakukan di kawasan restorasi resort Bodogol Taman Nasional Gunung Gede Pangrango (Gambar 1).

Lahan restorasi seluas 4 ha merupakan lahan eks-Perum Perhutani yang ditanami dengan jenis-jenis pohon asli (*native species*). Penanaman pohon-pohon ini dilakukan oleh UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Cibodas-LIPI.

Bahan penelitian merupakan tanaman restorasi berumur 2 tahun (setelah penanaman) pada saat diteliti. Tanaman yang dipilih sebagai sampel adalah tanaman yang sehat, daun telah membuka sempurna, terkena sinar matahari penuh, dan merupakan daun ketiga dari pangkal ranting. Pengambilan sampel daun dilakukan pada saat matahari bersinar cerah, dari jam 09.00-11.00 WIB. Sampel daun yang akan dianalisis di laboratorium dibungkus dengan *aluminium foil* dan kertas amplop, dimasukkan ke dalam plastik, dan disimpan dalam *cool box* yang berisi *dry ice*, kemudian dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

Delapan jenis tanaman sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah Beleketebe (*Sloanea sigun* (Blume) K. Schum.), Jamuju (*Dacrycarpus imbricatus* (Blume) de Laub.), Ki Sireum (*Syzygium lineatum* (DC.) Merr. & L.M. Perry), Lame (*Alstonia scholaris* (L) R.Br.), Manglid (*Manglietia glauca* Blume), Puspa (*Schima wallichii* (DC.) Korth.), Rasamala (*Altingia excelsa* Noronha), dan Saninten (*Castanopsis argentea* A.DC.).

Analisis kandungan klorofil total dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer di Laboratorium Fisiologi Biologi FMIPA IPB tetapi mengikuti metode yang lazim dilakukan di Laboratorium Biokimia BB-Biogen.



Gambar 1. Lokasi restorasi dan penelitian (dengan tanda lingkaran) di Resort Bodogol Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. Sumber: Balai Besar TNGGP (2004).

atorium Biokimia BB-Biogen. Metode ini lebih praktis, volume aseton yang digunakan lebih sedikit, dan tingkat ketelitiannya lebih tinggi. Daun segar sebanyak 0,1 g dipotong-potong kecil, dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian direndam dalam 20 ml aseton 80%. Sampel diinkubasi dalam ruang gelap selama 2 x 24 jam. Klorofil yang sudah larut dalam aseton diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 652 nm (untuk klorofil total). Kandungan klorofil total diperoleh dengan memasukkan nilai absorbansi ke dalam persamaan Yoshida *et al.* (1976), yaitu: $\text{Klorofil Total} = ((652 A \times 1000) / 34,5) \times (1/BS) \times (20/1000)$ mg/g bobot segar, di mana A adalah nilai absorbansi dan BS adalah bobot daun segar. Analisis klorofil dengan spektrofotometer dilakukan pada 10 individu pohon untuk masing-masing jenis.

Analisis karbohidrat dilakukan di Laboratorium Balai Besar Biologi dan Genetika Pertanian (BB Biogen) Bogor. Metode analisis yang digunakan adalah metode Somogyi Nelson (Dahlan 2007). Sampel daun sebanyak 5 lembar dari usia termuda sampai tertua (yang mewakili) diambil dari 3 pohon (3 x 5 daun) untuk masing-masing jenis. Daun dimasukkan dalam oven sela-

ma 48 jam pada suhu 70° C. Sampel kemudian digiling sampai halus, diayak dan diaduk sampai merata menjadi sampel komposit. Tepung daun komposit sebanyak 0,2 gram dimasukkan dalam wadah gelas, kemudian ditambah dengan 20 ml HCl 0,7 N dan dihidrolisis selama 2,5 jam dalam penangas air. Hasil hidrolisis disaring dengan kertas saring ke dalam labu ukur 100 ml lalu dinetralkan dengan NaOH 1 N (setelah diberi fenol merah). Larutan akan berubah menjadi merah muda setelah dititrasi. Selanjutnya ditambahkan 5 ml ZnSO₄ 5% dan 5 ml Ba(OH)₂ 0,3 N dengan tujuan untuk mengendapkan protein dari sampel, sehingga gugus CHO yang terbentuk benar-benar gugus karbohidrat. Setelah itu ditambahkan akuades sampai tanda tera 100 ml. Setelah disaring dengan kertas saring, larutan supernatan yang sudah jernih diambil dengan pipet sebanyak 1 ml, kemudian dimasukkan ke dalam tabung kimia. Larutan standar dibuat 0, 5, 10, 15, 20, 25 mg, kemudian ditambahkan pereaksi Cu sebanyak 2 ml dan dipanaskan dalam penangas air selama 10 menit, lalu didinginkan. Setelah itu ditambahkan pereaksi Nelson dan 20 ml air pada masing-masing deret standar, dikocok dan dibiarkan selama 20 menit, kemudian diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 500 nm. Kandungan karbohidrat didapat berdasarkan rumus Yoshida *et al.* (1976):

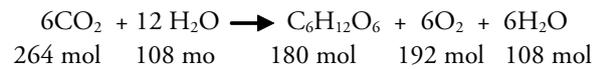
$$\% \text{ Karbohidrat} = \left(\frac{\frac{A \times 100 \times 20 \times 100\%}{S \quad 0,2 \quad 1}}{1 \ 000 \ 000} \right)$$

Keterangan:

- S = Rerata nilai absorbansi standar
- A = Rerata nilai absorbansi sampel

Untuk menghitung nilai daya serap gas CO₂, tetapan yang digunakan adalah sebesar 1,467 dikalikan dengan hasil analisis karbohidrat. Tetapan tersebut diperoleh dari pembagian nilai 264/180 (Dahlan 2007). Angka tersebut didapat

dari persamaan fotosintesis sebagai berikut:



Di mana bobot atom C, H, dan O secara berturut-turut adalah 12,01; 1,008 dan 16,00.

Bobot daun segar ditimbang dengan neraca digital. Bobot kering diperoleh setelah sampel daun dikeringkan dengan oven selama 48 jam (sampai bobotnya stabil). Kadar air diperoleh dari hasil pengurangan bobot basah dengan bobot kering dibagi bobot basah. Jumlah daun dihitung langsung dengan penghitungan tangan (*hand counter*). Selanjutnya, diambil 3 pohon untuk masing-masing jenis, kemudian dihitung rata-ratanya. Luas daun diukur dengan cara memindai daun dengan menggunakan *Leaf Area Meter Portable LI-3000C*. Daun yang dipindai adalah daun tertua sampai termuda (yang mewakili), dengan jumlah sampel 3 pohon untuk masing-masing jenis. Luas total daun per pohon didapat dengan mengalikan jumlah daun per pohon dengan luas daun per pohon. Luas daun per pohon digunakan untuk menduga kemampuan masing-masing jenis pohon untuk menyerap CO₂.

Analisis data dilakukan dengan analisis sidik ragam (anova), dan jika antar parameter terdapat perbedaan nyata kemudian dilanjutkan dengan Uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Analisis Komponen Utama (AKU) atau *Principal Component Analysis* (PCA) dilakukan untuk menentukan parameter yang paling berpengaruh untuk setiap tanaman.

HASIL

Kandungan Karbohidrat

Kandungan karbohidrat, kandungan klorofil total, kemampuan tanaman menyerap CO₂, kadar air, bobot dan luas daun pada setiap

jenis tanaman disajikan pada Tabel 1. Daun *D. imbricatus* memiliki kandungan karbohidrat tertinggi, yaitu 22,11%. Persentase karbohidrat terbanyak kedua dimiliki *S. lineatum* (19,33%), tetapi tidak berbeda nyata dengan kandungan karbohidrat *D. imbricatus*. Kandungan karbohidrat terendah dimiliki oleh *A. scholaris* (10,35%) dan tidak berbeda nyata dengan *C. argentea*, *A. excelsa*, *S. wallichii*, dan *S. sigun*. Dilihat dari kandungan karbohidrat per pohon, *M. glauca* memiliki nilai terbesar (0,48 kg), tetapi tidak berbeda nyata dengan *A. excelsa*, *S. lineatum*, dan *S. sigun*.

Kandungan Klorofil Total

Rata-rata kandungan klorofil total tertinggi dimiliki oleh *S. sigun*. Nilai ini tidak berbeda nyata dengan nilai rata-rata pada *A. scholaris* dan *M. glauca*, sedangkan kandungan klorofil total *A. scholaris* dan *M. glauca* tidak berbeda nyata dengan *C. argentea*. Kandungan klorofil total terendah dimiliki oleh *D. imbricatus*.

Kemampuan Tanaman Menyerap CO₂

Tanaman *M. glauca* mampu menyerap CO₂ sebesar 0,71 kg pada usia tanam 2 tahun (tertinggi di antara jenis lainnya), namun tidak berbeda nyata dengan *A. excelsa*, *S. lineatum*, dan *S. sigun*. Kemampuan tanaman dalam menyerap

CO₂ per satuan luas (mg/cm²) nampak tidak berbeda nyata pada semua jenis tanaman.

Kadar Air

Altingia excelsa memiliki kadar air tertinggi (69,51%), tetapi tidak berbeda nyata dengan *M. glauca*. Kadar air terendah dimiliki *S. lineatum* (53,88%), walaupun tidak berbeda nyata dengan *D. imbricatus* dan *S. sigun*.

Bobot dan Luas Daun

Daun dengan bobot per helai paling besar adalah *A. scholaris* (1,78 g), tetapi tidak berbeda nyata dengan daun jenis tanaman lainnya, kecuali dengan *D. imbricatus*. *Dacrycarpus imbricatus* memiliki bobot teringan, yaitu 0,11 g. *M. glauca* memiliki daun terluas, yaitu 65,07 cm², walaupun tidak berbeda nyata dengan *C. argentea* dan *S. sigun*. Ukuran daun *D. imbricatus* adalah yang paling kecil (3,67 cm²) dibandingkan dengan jenis-jenis lainnya.

Analisis Komponen Utama

Hasil analisis komponen utama terhadap parameter-parameter internal fotosintesis menunjukkan bahwa dua komponen utama dapat menerangkan keragaman total data parameter internal fotosintesis sebesar 83,7%. Keragaman yang mampu dijelaskan oleh faktor-faktor pada kom-

Tabel 1. Hasil pengukuran kandungan karbohidrat, kandungan klorofil total, kemampuan tanaman menyerap CO₂, kadar air, bobot dan luas daun pada 8 jenis tanaman.

| Spesies | Karbohidrat (%) | Klorofil Total (mg/g) | CO ₂ (mg/cm ²) | Kadar Air (%) | Bobot Daun (g) | Luas Daun (cm ²) |
|----------------------|-----------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| <i>S. sigun</i> | 15,27±3,92 abc | 2,94±1,08 d | 6,78±5,94 a | 58,17±3,04 abc | 1,62±1,73 b | 53,01±11,35 de |
| <i>D. imbricatus</i> | 22,11±2,63 d | 1,34±0,33 a | 11,99±6,84 a | 54,43±3,17 ab | 0,11±0,01 a | 3,67±1,53 a |
| <i>S. lineatum</i> | 19,33±4,38 cd | 2,14±0,45 bc | 6,29±2,76 a | 53,88±3,88 a | 0,45±0,22 ab | 20,01±2,89 b |
| <i>A. scholaris</i> | 10,35±1,86 a | 2,56±0,54 cd | 5,90±2,54 a | 65,29±2,33 cd | 1,78±1,06 b | 42,78±6,50 cd |
| <i>M. glauca</i> | 17,20±1,30 bc | 2,39±0,49 cd | 7,06±3,89 a | 69,06±0,56 d | 1,75±0,84 b | 65,07±5,88 e |
| <i>S. wallichii</i> | 13,65±1,75 ab | 1,65±0,31 ab | 5,23±3,11 a | 64,40±8,92 cd | 0,92±0,45 ab | 37,83±5,29 c |
| <i>A. excelsa</i> | 13,55±1,62 ab | 1,78±0,30 ab | 7,87±4,10 a | 69,51±1,76 d | 1,23±0,44 ab | 34,02±10,10 c |
| <i>C. argentea</i> | 12,74±2,13 ab | 2,35±0,38 c | 5,27±3,85 a | 61,50±0,91 bc | 1,42±0,79 ab | 54,32±11,15 de |

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 0,05.

ponen utama I (KU I) yaitu sebesar 67,5%, sedangkan keragaman yang mampu dijelaskan oleh faktor-faktor pada komponen utama II (KU II) sebesar 16,2% (Tabel 2).

Hasil analisis komponen utama digunakan untuk menjelaskan interaksi antara parameter-parameter internal fotosintesis (menggunakan biplot) dan menunjukkan bahwa dari beberapa parameter internal fotosintesis yang dianalisis, CO₂ merupakan parameter yang paling menentukan pembentukan karbohidrat karena memiliki sudut terkecil dan merupakan sudut lancip (Gambar 1), atau dengan kata lain terdapat korelasi positif antara parameter karbohidrat dengan CO₂ dengan koefisien korelasi sebesar 72,3%. Parameter-parameter lainnya, yaitu kandungan klorofil total, kadar air, bobot dan luas daun, memiliki korelasi negatif dengan karbohidrat (Tabel 3).

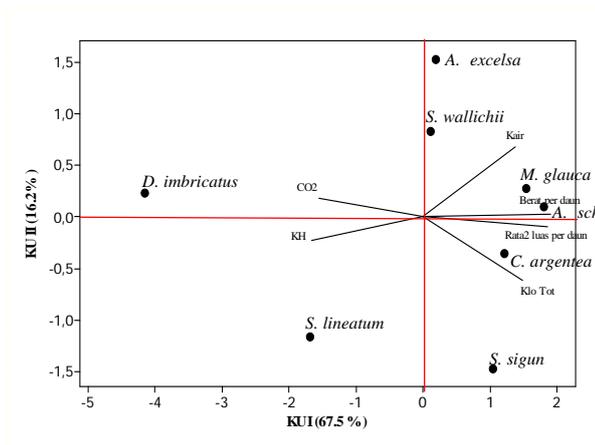
Koefisien korelasi antara karbohidrat, klorofil total, CO₂, kadar air, bobot dan luas daun disajikan pada Tabel 3. Hasil analisis komponen utama dengan menggunakan biplot dapat menjelaskan bahwa setiap parameter yang dianalisis ternyata memberikan pengaruh yang berbeda pada setiap jenis tanaman (Tabel 4).

Tabel 2. Matriks nilai ciri korelasi beberapa parameter fotosintesis.

| Komponen Utama | Nilai ciri | Keragaman | Akumulasi keragaman |
|----------------|------------|-----------|---------------------|
| 1 | 4,051 | 0,675 | 0,675 |
| 2 | 0,971 | 0,162 | 0,837 |

Tabel 3. Koefisien korelasi karbohidrat, klorofil total, CO₂, kadar air, bobot dan luas daun.

| Parameter | Klorofil Total | CO ₂ | Kadar Air | Bobot Daun | Luas Daun |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------|------------|-----------|
| Karbohidrat | -0,432 | 0,723 | -0,629 | -0,713 | -0,591 |
| Klorofil Total | | -0,548 | 0,101 | 0,755 | 0,733 |
| CO ₂ | | | -0,334 | -0,553 | -0,649 |
| Kadar Air | | | | 0,713 | 0,609 |
| Bobot Daun | | | | | 0,908 |



Gambar 2. Biplot interaksi 8 jenis tanaman dengan beberapa parameter fotosintesis.

PEMBAHASAN

Hasil analisis komponen utama (untuk menjelaskan interaksi antar parameter fotosintesis) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara kandungan karbohidrat dan CO₂. Sebaliknya, parameter-parameter lainnya (termasuk kandungan klorofil total, bobot dan luas daun, serta kadar air) memiliki korelasi negatif dengan kandungan karbohidrat. Korelasi positif mengandung pengertian bahwa apabila CO₂ meningkat maka kandungan karbohidrat akan meningkat pula.

Setiap tanaman memiliki karakteristik yang berbeda. Pemilihan jenis tanaman restorasi dapat mempertimbangkan parameter-parameter yang lebih diutamakan. Hasil analisis komponen utama menunjukkan bahwa, jika parameter CO₂ menjadi pertimbangan utama, maka *D. imbricatus* dan *S. lineatum* merupakan jenis yang paling

Tabel 4. Respons jenis tanaman terhadap parameter-parameter fotosintesis yang dikaji.

| Parameter Fotosintesis | Spesies |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Kandungan karbohidrat | <i>D. imbricatus</i> , <i>S. lineatum</i> |
| Kandungan klorofil total | <i>S. sigun</i> , <i>A. scholaris</i> , <i>M. glauca</i> , <i>C. argentea</i> |
| CO ₂ | <i>D. imbricatus</i> , <i>S. lineatum</i> |
| Kadar air | <i>A. excelsa</i> , <i>M. glauca</i> , <i>A. scholaris</i> , <i>S. wallichii</i> |
| Bobot per daun | <i>A. scholaris</i> , <i>M. glauca</i> , <i>S. sigun</i> |
| Luas per daun | <i>M. glauca</i> |

sesuai dibandingkan dengan 6 jenis tanaman lainnya. Tanaman yang mempunyai kemampuan menyerap CO₂ lebih besar akan sangat berguna dalam usaha mitigasi iklim. Tanaman yang memiliki kandungan karbohidrat tinggi diharapkan akan lebih cepat pertumbuhannya. *A. excelsa* memiliki kapasitas menyimpan air lebih besar daripada jenis-jenis lainnya, sehingga dapat digunakan dalam usaha konservasi air. Karakteristik *A. scholaris* terletak pada bobot dan *M. glauca* pada luas daunnya. Karakteristik kandungan klorofil tinggi dimiliki oleh *S. sigun*.

D. imbricatus memiliki kandungan karbohidrat tertinggi. Tanaman ini merupakan kelompok tanaman berdaun jarum (conifer), yang memiliki ukuran daun terkecil dibandingkan 7 jenis tanaman lainnya (dengan luas rata-rata 3,67 cm²), sehingga proses evapotranspirasinya kecil dan akumulasi fotosintatnya besar. Dengan kata lain, CO₂ yang diserap per pohon paling kecil nilainya, tetapi CO₂ yang diserap per satuan luas paling tinggi. Karakteristik tersebut juga berlaku untuk *S. lineatum* yang juga memiliki daun berukuran kecil (luas rata-rata 20,01 cm²).

Besaran nilai produk fotosintesis bersih (NPP) dapat didekati dengan cara mengukur karbohidrat, biomassa, dan serasah (Landsberg & Gower 1997). Setelah CO₂ diserap oleh daun, maka akan diubah menjadi karbohidrat yang kemudian akan diikuti oleh beberapa proses, seperti respirasi gelap, pembentukan dan pemeli-

haraan sel, sebelum akhirnya terakumulasi menjadi biomassa hidup dari tumbuhan (Kramer & Kozlowski 1979).

Tinggi-rendahnya kandungan karbohidrat pada sampel disebabkan oleh distribusi hasil fotosintesis. Nilai karbohidrat yang rendah menandakan bahwa karbohidrat lebih banyak disimpan di dalam organ lain daripada di daun. Jumlah daun per tanaman yang sedikit, memberikan kesempatan pada daun yang ada untuk menjadi *source*, karena daun berkesempatan menerima cahaya dan menghasilkan fotosintat yang digunakan oleh organ lain. Tanaman dengan jumlah daun banyak menyebabkan banyak daun ternaungi, sehingga lebih banyak daun yang menjadi *sink*. Akibatnya, di dalam populasi terlihat korelasi negatif antara hasil dengan jumlah daun. Rostini *et al.* (2003) menunjukkan bahwa hasil asimilasi yang tinggi pada tanaman kedelai akan didistribusikan lebih banyak ke organ reproduksi dibandingkan organ vegetatif.

Tingginya karbohidrat yang dihasilkan oleh suatu tumbuhan menentukan kemampuan tumbuhan dalam menyerap CO₂ yang digunakan oleh tumbuhan tersebut untuk melakukan proses fotosintesis. Karbohidrat didapat dengan mengubah CO₂ menjadi (CH₂O)_n. Karbohidrat diperoleh dengan cara memfiksasi CO₂ bebas yang terdapat di udara. CO₂ yang didapat akan dibawa ke dalam siklus Calvin-Benson atau sering juga disebut reaksi gelap, yaitu siklus yang tidak

memerlukan cahaya matahari dalam prosesnya (seperti pada reaksi terang). Karbondioksida akan diikat oleh enzim rubisco dan selanjutnya akan terbentuk sukrosa. Sukrosa-sukrosa yang terbentuk ini akan diikat menjadi satu sehingga akan diperoleh pati yang nantinya digunakan dalam proses respirasi untuk menghasilkan energi atau disimpan sebagai cadangan makanan. Semakin banyak tumbuhan menghasilkan pati, karbondioksida yang difiksasi juga semakin banyak. Dengan banyaknya CO₂ yang diserap maka emisi CO₂ akan makin berkurang, sehingga peningkatan suhu akibat efek gas rumah kaca dapat diatasi dan pemanasan global dapat dikurangi.

Berdasarkan metode spektrofotometer, peringkat kandungan klorofil total berturut-turut adalah *S. sigun*, *A. scholaris*, *M. glauca*, *C. argentea*, *S. lineatum*, *A. excelsa*, *S. wallichii*, dan *D. imbricatus*. Jika dilihat dari hasil analisis statistiknya, nilai kandungan klorofil kedelapan jenis tersebut tidak berbeda nyata antara satu jenis dengan jenis lainnya. Kandungan klorofil *S. sigun* tidak berbeda nyata dengan *A. scholaris* dan *M. glauca*. Kandungan klorofil *A. scholaris* dan *M. glauca* juga tidak berbeda nyata dengan *C. argentea*, sedangkan kandungan klorofil *A. argentea* tidak berbeda nyata dengan *S. lineatum*. *S. lineatum* memiliki nilai kandungan klorofil yang tidak berbeda nyata dengan *A. excelsa* dan *S. wallichii*. *A. excelsa* dan *S. wallichii* memiliki total klorofil yang tidak berbeda nyata dengan *D. imbricatus*.

Adanya perbedaan kandungan klorofil pada jenis tanaman yang berbeda, yang tumbuh pada lingkungan sama, menunjukkan adanya perbedaan respons fisiologi yang berbeda. Hasil penelitian Suharja & Sutarno (2009) pada dua varietas cabai yang diberi perlakuan pupuk berbeda adalah tidak sama. Rendahnya kandungan nutrisi seperti N dan Mg akan mempengaruhi pembentukan klorofil. Nitrogen berkaitan erat

dengan sintesis klorofil, juga protein dan enzim. Enzim Rubisco berperan sebagai katalis dalam fiksasi CO₂ (Salisbury & Ross 1995). Kondisi lingkungan tumbuh dapat berakibat pada penurunan fotosintesis atau serapan CO₂ termasuk intensitas cahaya yang kurang, suhu dan ketersediaan hara yang rendah (Cleumans & Saugier 1991), sehingga mempengaruhi produktivitas tanaman.

Daun dengan kandungan klorofil tinggi tidak selalu menghasilkan serapan CO₂ tinggi karena masih banyak faktor lain yang juga menentukan laju serapan CO₂. Untuk itu, banyak faktor yang harus diperhatikan dalam pengukuran laju serapan CO₂ tanaman agar dicapai interpretasi nilai laju fotosintesis yang benar, di antaranya adalah metode yang digunakan, kondisi lingkungan tumbuh dan iklim mikro pada saat pengukuran, ukuran atau umur tanaman yang diukur, umur daun (daun muda/daun tua), serta akurasi alat yang digunakan. Tanaman yang tumbuh atau diukur pada kondisi alam *in situ* biasanya memiliki laju serapan CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh pada kondisi lingkungan terkontrol seperti rumah kaca. Untuk itu, dalam penelitian harus disertakan spesifikasi kondisi pertumbuhan tanaman dan lingkungan pada saat pengukuran serta metode dan instrumen yang digunakan (Hidayati *et al.* 2011). Pada kondisi lingkungan yang baik bagi tanaman, penyaluran energi dalam bentuk reaksi fotokimia relatif besar, sehingga proses fotosintesis akan berjalan dengan laju yang tinggi, sejalan dengan tingginya laju transpor elektron dalam reaksi terang fotosintesis. Dalam keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan, misalnya terjadi cekaman kekeringan, keasaman tinggi, dan suhu rendah/tinggi, penyaluran energi ke arah fotokimia akan mengalami hambatan (Taiz & Zeiger 1991).

Kandungan klorofil dan karbohidrat yang

tidak berkorelasi positif, tidak berarti menunjukkan tidak adanya hubungan antara jumlah klorofil dengan kandungan karbohidrat. Hal ini bisa disebabkan karena tumbuhan-tumbuhan tertentu tidak menyimpan banyak pati di dalam daunnya, tetapi menyimpannya dalam organ lain, seperti buah, batang, atau akar. Klorofil dan karbohidrat memiliki hubungan erat dalam proses fotosintesis. Klorofil berperan dalam proses fotolisis air dan dari proses ini energi tersedia bagi tumbuhan untuk melakukan proses fotosintesis. Tanpa klorofil, tumbuhan tidak akan dapat membuat maknanya sendiri.

Pohon dengan laju pertumbuhan cepat memiliki asimilasi CO₂ lebih tinggi pada tanaman beriklim tropis (Hidayati *et al.* 2009). Hasil monitoring Tim Kebun Raya Cibodas menunjukkan bahwa di antara kedelapan jenis tanaman restorasi, *D. imbricatus* dan *S. lineatum* memiliki keragaan terbaik. *D. imbricatus* memiliki laju pertumbuhan tertinggi dan *S. lineatum* memiliki tingkat ketahanan hidup yang paling tinggi (Rahman *et al.* 2011). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini, bahwa *D. imbricatus* memiliki kemampuan menyerap CO₂ tertinggi diikuti oleh *S. lineatum*, walaupun tidak berbeda nyata dengan jenis lainnya. Kedua jenis tanaman ini juga memiliki kandungan karbohidrat daun tertinggi. Tumbuhan yang sedang tumbuh memiliki laju fotosintesis dan laju translokasi fotosintat yang tinggi (Lakitan 2004).

Proses fotosintesis juga membutuhkan air. Jika tumbuhan kekurangan air, maka translokasi air dari akar ke daun berkurang. Untuk mengurangi kehilangan air, terutama pada kondisi kelembapan udara sangat rendah, maka bukaan stomata akan mengecil bahkan menutup. Dengan demikian masuknya gas CO₂ ke dalam daun lewat stomata akan berkurang. Kemampuan fotosintesis akan meningkat dengan bertambahnya umur dan luasan daun (Taiz & Zeiger 1991; Salisbury &

Ross 1995; Lakitan 2004).

Karena komponen utama tanaman hijau adalah air maka bobot basah, bobot kering dan kandungan air akan mempunyai asosiasi yang kuat. Banyak faktor yang mempengaruhi asosiasi tersebut, seperti jenis, umur, kondisi pertumbuhan tanaman, dan kadar air tanah. Dengan demikian kandungan air dalam kanopi (daun) merupakan faktor penting dalam deteksi potensi kebakaran hutan (Chuvienco *et al.* 2002) atau peningkatan kandungan air tanah (Yilmaz *et al.* 2008). Kekurangan air mengganggu aktivitas fisiologis dan morfologis tanaman, sehingga dapat mengakibatkan terhentinya pertumbuhan. Kekurangan air secara terus menerus akan menyebabkan perubahan *irreversible* dan pada gilirannya tanaman mati (Fitter & Hay 1981), namun beberapa jenis pohon merespons periode kekurangan air justru untuk menginisiasi pembungaan (Goldsworthy & Fisher 1992).

Hasil pengukuran kadar air pada penelitian ini menunjukkan bahwa *A. excelsa* dan *M. glauca* memiliki kadar air yang paling tinggi dan ini dapat diasumsikan bahwa kedua jenis tanaman ini memiliki kemampuan lebih tinggi dalam kapasitas menyerap air dan menyimpan air di daun dibandingkan dengan kelima jenis lainnya. Air masuk ke dalam tumbuhan melalui akar pada pembuluh angkut xilem menuju daun. Elektron dihasilkan dari pemecahan molekul air dengan produksi oksigen berkesinambungan dan ditranspor melalui rantai transpor elektron yang tertanam dalam membran tilakoid. NADPH dan ATP yang dihasilkan dari proses ini digunakan dalam reaksi gelap fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat (Lambers *et al.* 1988). Kadar air *S. lineatum* dan *D. imbricatus* adalah yang paling rendah. Dapat dijelaskan bahwa dalam kondisi lingkungan yang sama, kapasitas transpor air juga sama, sehingga air yang tersimpan di daun lebih sedikit (Lambers *et al.* 1998).

Hasil analisis komponen utama dengan menggunakan biplot menunjukkan bahwa parameter luas daun merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap kandungan klorofil total dibandingkan bobot daun. Parameter lainnya, yaitu kadar air, juga memiliki korelasi positif dengan kandungan klorofil. Kandungan CO₂ daun memiliki korelasi negatif dengan kandungan klorofil total. Menurut Gardner *et al.* (1985) permukaan luar daun yang luas dan datar memungkinkan daun menangkap cahaya secara maksimal per satuan volume dan meminimalkan jarak yang harus ditempuh oleh CO₂ dari permukaan daun ke kloroplas. Semakin besar luas daun dan semakin tinggi intensitas cahaya matahari, maka cahaya yang mampu diserap oleh daun makin tinggi dan laju fotosintesis akan terjadi secara maksimum.

KESIMPULAN DAN SARAN

Jenis tanaman restorasi yang dikaji (berusia 2 tahun setelah tanam) memiliki karakteristik yang berbeda ditinjau dari parameter-parameter fotosintesis yang diteliti. *D. imbricatus* dan *S. lineatum* memiliki kandungan karbohidrat dan kemampuan menyerap CO₂ paling tinggi dan direkomendasikan menjadi tanaman yang sesuai untuk usaha restorasi dan mitigasi iklim. *S. sigun*, *A. scholaris*, *M. glauca*, dan *C. argentea* memiliki kandungan klorofil total yang tinggi, sedangkan *A. excelsa*, *M. glauca*, *A. scholaris*, dan *S. wallichii* memiliki kadar air yang tinggi. *A. scholaris*, *M. glauca*, dan *S. sigun* memiliki bobot daun yang lebih besar daripada jenis lainnya. *M. glauca* merupakan pohon dengan ukuran daun terluas.

Terlepas dari berbagai faktor yang bisa mempengaruhi hasil penelitian, masih diperlukan penelitian lanjutan dengan menggunakan jumlah sampel yang besar dengan rentang penelitian yang

lebih lama, sehingga dapat diperoleh data yang lebih komprehensif dan model-model pengukuran yang aplikatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alberta University. 2003. Land Reclamation, Remediation, and Restoration. <http://www.rr.ualberta.ca/Reseach>.
- Balai Besar TNGGP. 2004. Peta Aksesibilitas Kawasan Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Cipanas, Cianjur.
- Campbell, NA., LG. Mitchell & JB. Reece. 2010. *Biologi*. Edisi ke-8 Jilid 1. H.W. Hardani (ed.). D.T. Wulandari (penerjemah). Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Ceulemans, RJ. & B. Saugier. 1991. Photosynthesis. Dalam: Raghavendra, A.S. (ed). *Physiology of Tree*. Wiley & Sons, Inc., New York. Hlm 21-50.
- Chuvioco, E., D. Riaño, I. Aguado, & D. Cocero. 2002. Estimation of fuel moisture content from multitemporal analysis of Landsat Thematic Mapper reflectance data: applications in fire danger assessment. *Inter J. Remote Sensing* 23: 2145–2162.
- Dahlan, EN. 2007. Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai *Sink* Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor dengan Pendekatan Sistem Dinamik [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Fitter, AH. & RKM. Hay. 1981. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Andani, S. & ED. Purbayanti (penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Gardner, FP., RB. Pearce, & RL. Mitchell. 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. Iowa.
- Goldsworthy, PR. & NM. Fisher. 1992. *Fisiologi*

- Budidaya Tanaman Tropik*. Tohari (penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hidayati, N., T. Juhaeti, & M. Mansur. 2009. Biological diversity contribution to reducing CO₂ in the atmosphere. Makalah disampaikan dalam International Seminar on Achieving Resilient-Agriculture to Climate Change through Development of Climate-Based Risk Management Scheme. Bogor, 17–19 November 2009.
- Hidayati, N., T. Juhaeti, & M. Mansur. 2011. Serapan karbondioksida (CO₂) jenis-jenis pohon di Taman Buah Mekar Sari Bogor, kaitannya dengan potensi mitigasi gas rumah kaca. *J Biol. Indonesia* 7: 133-145.
- Kramer, PJ. & TT. Kozlowski. 1979. *Physiology of Woody Plants*. Academic Press. New York.
- Lakitan, B. 2004. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lambers, H., CF. Stuart, & LP. Thijs. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer. New York.
- Landsberg, JJ. & ST. Gower. 1997. *Applications of Physiological Ecology to Forest Management*. Academic Press. London.
- MacDicken, KG. 1997. *A Guide Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Project*. Forest Carbon Monitoring Program Winrock International. Arlington, VA, USA.
- Rahman, W., F. Kurniawati, AP. Iskandar, IW. Hidayat, D. Widyatmoko, & SR. Ariati. 2011. Survivorship and growth of eight native tree species during their early stage at a restored land within Gede Pangrango National Park, Indonesia. Prosiding Seminar Nasional “Konservasi Tumbuhan Tropika: Kondisi Terkini dan Tantangan ke Depan”. UPT BKT Kebun Raya Cibodas-LIPI bekerjasama dengan Perhimpunan Biologi Indonesia, Balai Besar Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, dan SEAMEO BIOTROP. Cibodas, 7 April 2011. p. 500-505.
- Rostini, N., A. Baihaki, R. Setiamihardja, & G. Suryatmana. 2003. Korelasi kandungan klorofil beberapa daun dengan hasil pada tanaman kedelai. *Zuriat* 14: 47-50.
- Salisbury, FB. & CW. Ross. 1995. *Plant Physiology*. 4th edition. Wadsworth Publishing Company. California.
- Santilli, M., P. Moutinho, S. Schwartzman, D. Nepstad, L. Curran, & C. Nobre. 2005. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol. *Climatic Change* 71: 267–276.
- Suharja & Sutarno. 2009. Biomass, chlorophyll and nitrogen content of leaves of two chilli pepper varieties (*Capsicum annum*) in different fertilization treatments. *Bioscience* 1: 9-16.
- Taiz, L. & E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin Cunnings Publishing Company, Inc. California.
- Yilmaz, MT., ER. Hunt, & TJ. Jackson. 2008. Remote sensing of vegetation water content from equivalent water thickness using satellite imagery. *Remote Sensing Envi* 112: 2514-2522.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of rice crop science*. The International Rice Research Institute. Philippines.
- Yoshida, S, DA. Forno, JH. Cock, & KA. Gomez. 1976. *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice*. Third edition. The International Rice Research Institute. Philippines.