

**Adaptasi Tanaman Kedelai Terhadap Intensitas Cahaya Rendah :
Karakter Daun untuk Efisiensi Penangkapan Cahaya**

Soybean Adaptation to Low Light Intensity: Leaf Characters for the Light Capture Efficiency

La Muhuria^{1*}, Kartika Ning Tyas², Nurul Khumaida³, Trikoesoemaningtyas³, dan Didy Sopandie³

Diterima 11 Juni 2005/Disetujui 12 Oktober 2006

ABSTRACT

This research was conducted to identify some leaf characters related to light capture efficiency. It used split plot design with sub plot nested at the main plot. The main plot was light intensity consisted of two levels: I100 = light intensity 100% and I50 = light intensity 50%, while the sub plot was soybean genotype consisted of G1 = Pangrango, G2 = Ceneng, G3 = Godek, and G4 = Slamet. Leaf characters measured were : leaf total area, specific leaf area, trifoliolate leaf area, leaf hairs (trichome) density, leaf thickness, length of palisade, chlorophylls content (chlorophyll a, b, and ratio a/b), and the greenness intensity. The result of research indicated that Ceneng has lower total leaf area, higher specific and trifoliolate leaf area, less leaf hair density, thinner leaf, shorter palisade, higher greenness intensity, higher chlorophyll content (a and b), and also lower ratio chlorophyll a/b.

Key words: Light capture efficiency, light intensity, tolerant genotype, sensitive genotype, soybean

PENDAHULUAN

Tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) merupakan salah satu tanaman yang memerlukan cahaya penuh (McNellis dan Deng, 1995), tetapi dalam praktek budidaya di Indonesia, kedelai sering ditumpangsarikan dengan tanaman lain. Dalam tumpangsari dengan jagung, intensitas cahaya yang diterima kedelai berkurang sekitar 33% (Asadi *et al.*, 1997). Berdasarkan pengalaman tersebut, peningkatan produksi kedelai melalui perluasan areal tanam dengan memanfaatkan lahan tidur di bawah tegakan tanaman perkebunan atau hutan tanaman industri (HTI) telah menjadi salah satu strategi (Pinem, 2000).

Luas perkebunan di Indonesia mencapai 19.9 juta ha dengan siklus peremajaan 25 – 30 tahun, 597 ribu sampai 796 ribu ha di antaranya merupakan areal tanaman baru (BPS, 2002). Akan tetapi kondisi penanaman oleh tanaman pokok pada areal perkebunan atau HTI cukup berat. Pada perkebunan karet umur tiga tahun (Chozin *et al.*, 2000) dan perkebunan kelapa umur lima tahun (Magat, 1989), intensitas cahaya di bawah tegakan sekitar 50%. Ini berarti, kedelai yang akan dikembangkan harus mampu beradaptasi dengan kondisi naungan yang cukup berat. Penelitian untuk memperoleh kedelai toleran naungan berat telah mulai dilakukan (Elfarsina, 2000; Sopandie *et al.*, 2003;

Handayani, 2003; Trikoesoemaningtyas *et al.*, 2003).

Adaptasi terhadap kondisi naungan berat dapat dicapai apabila tanaman memiliki mekanisme penangkapan dan penggunaan cahaya secara efisien. Mekanisme tersebut dapat melalui *penghindaran* dengan cara meningkatkan efisiensi penangkapan cahaya dan *toleran* dengan cara menurunkan titik kompensasi cahaya dan laju respirasi (Levitt, 1980). Selanjutnya, Hale dan Orchut (1987) menjelaskan bahwa kemampuan tanaman dalam mengatasi cekaman intensitas cahaya rendah pada umumnya tergantung pada kemampuannya melanjutkan fotosintesis dalam kondisi intensitas cahaya rendah. Kemampuan tersebut diperoleh melalui peningkatan luas daun sebagai cara mengurangi penggunaan metabolit serta mengurangi jumlah cahaya yang ditransmisikan dan yang direfleksikan.

Peningkatan luas daun selain memungkinkan peningkatan luas bidang tangkapan, juga menyebabkan daun menjadi lebih tipis karena sel-sel palisade hanya terdiri dari satu atau dua lapis (Khumaida, 2002). Dalam kondisi demikian, kloroplas akan terorientasi pada permukaan daun bagian atas secara paralel sehingga daun tampak lebih hijau.

Akumulasi kloroplas pada permukaan daun merupakan salah satu mekanisme adaptasi untuk mengurangi jumlah cahaya yang ditransmisikan karena

¹ Mahasiswa PS Agronomi Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor; Staf Pengajar DPK pada Univ. Darussalam Ambon, Jl. Raya Tulehu KM 24 Ambon 97582 Telp (0911)361318 e-mail: lamuhuria@yahoo.co.id

(* Penulis untuk korespondensi)

² Mahasiswa PS Agronomi Sekolah Pascasarjana IPB, Bogor; Staf PKT-Kebun Raya Bogor- LIPI

³ Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB, Bogor

dengan demikian pigmen pemanen cahaya terutama klorofil dalam kloroplas akan berada dalam posisi terdekat dari arah datangnya cahaya (Taiz dan Zeiger, 2002; Logan *et al.*, 1999). Selanjutnya, Salisbury dan Ross (1992) serta Percy (1999) juga menjelaskan bahwa distribusi kloroplas yang paralel terhadap permukaan daun akan memaksimalkan penangkapan cahaya. Selain maksimasi penangkapan, jumlah cahaya yang direfleksikan juga harus dikurangi, antara lain melalui pengurangan jumlah *trikoma* (Levitt, 1980; Hale dan Orcutt, 1987). Cahaya yang diserap oleh daun dengan *trikoma* yang banyak, berkurang 40% dibanding daun tanpa atau *trikomanya* sedikit (Taiz dan Zeiger, 2002).

Khumaida (2002), Sopandie *et al.* (2003), dan Handayani (2003) melaporkan bahwa daun kedelai toleran naungan lebih tipis dan kandungan klorofil lebih tinggi dibanding genotipe peka, tetapi karakter daun lainnya belum banyak dilaporkan. Karena itu, penelitian untuk mengidentifikasi karakter daun kedelai yang mendukung efisiensi penangkapan intensitas cahaya rendah secara komprehensif dan mendalam perlu dilakukan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2004 sampai Maret 2005 di Kebun Percobaan Balitbiogen Cimanggu Bogor. Faktor yang diuji adalah intensitas cahaya yang terdiri dari : I100 = intensitas cahaya 100% (kontrol) dan I50 = intensitas cahaya 50%. Faktor kedua adalah genotipe yang terdiri dari G1 = Pangrango, G2 = Ceneng, G3 = Godek, dan G4 = Slamet. Penataan tanaman di lapang mengikuti rancangan petak terpisah (*split plot*) dengan anak petak (genotipe) tersarang (*nested*) pada petak utama (intensitas cahaya). Tiap kombinasi perlakuan diulang empat kali, masing-masing menggunakan 50 tanaman. Petak percobaan untuk setiap kombinasi perlakuan berukuran 1.5 m x 2.5 m.

Perlakuan intensitas cahaya 50% dilaksanakan dengan cara meletakkan paranet hitam di sisi atas dan keempat sisi lainnya pada rangka bambu setinggi 2 m di atas permukaan tanah. Paranet yang digunakan adalah paranet yang meloloskan cahaya kurang lebih 50%. Tanah di dalam maupun di luar paranet diolah sebanyak dua kali diikuti dengan pemberian pupuk kandang

sebanyak 20 ton/ha. Benih kedelai ditanam dengan jarak tanam 20 cm x 30 cm kemudian dipelihara sesuai teknik budidaya kedelai yang optimum.

Karakter daun diamati setelah tanaman berumur 8 minggu meliputi : luas daun (total, spesifik, trifoliat), ketebalan daun, panjang lapisan palisade, kerapatan *trikoma*, intensitas kehijauan, serta kandungan klorofil (klorofil a, b, dan nisbah a/b). Luas daun spesifik adalah nisbah luas daun per berat kering total daun. Kerapatan *trikoma* diamati dari permukaan atas daun. Pengukuran klorofil mengikuti metode Arnon (1949) yang telah dimodifikasi oleh Yoshida dan Parao (1976), sedangkan intensitas kehijauan diukur menggunakan green-tester.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Anova, dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf $\alpha = 0.05$ menggunakan SAS. Analisis regresi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kandungan klorofil total dengan intensitas kehijauan daun.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Luas Daun

Intensitas cahaya 50% menyebabkan luas daun total berkurang, hanya mencapai 72% kontrol, tetapi luas daun spesifik dan trifoliat meningkat, masing-masing mencapai 141% dan 129% kontrol (Tabel 1). Hasil uji beda antar genotipe dalam intensitas cahaya 50% menunjukkan bahwa genotipe Ceneng memiliki luas daun total dan luas daun trifoliat tertinggi dan berbeda dengan genotipe lainnya kecuali dengan Pangrango. Demikian pula luas daun spesifik meskipun secara statistik tidak berbeda dengan genotipe lainnya.

Kepadatan Trikoma

Intensitas cahaya 50% menyebabkan kepadatan *trikoma* berkurang, hanya mencapai 52% kontrol (Tabel 1). Hasil uji beda antar genotipe dalam intensitas cahaya 50% menunjukkan bahwa Ceneng memiliki kepadatan *trikoma* yang lebih sedikit dan berbeda nyata dengan genotipe lainnya, kecuali dengan Slamet, tetapi Godek memiliki kemampuan yang paling tinggi untuk mengurangi jumlah *trikomanya* (35% kontrol) disusul Slamet (47% kontrol) dan Ceneng (52% kontrol).

Tabel 1. Luas daun dan kepadatan trikoma empat genotipe kedelai yang diuji pada intensitas cahaya 100% dan 50%

Peubah	Genotipe	Intensitas Cahaya (%)	
		100 (kontrol)	50
Luas daun total (cm ²)	Pangrango	1985.20 a	1520.00 ab (77)
	Ceneng	1899.40 a	1614.20 a (85)
	Godek	1372.10 b	1305.40 b (95)
	Slamet	1349.40 b	1241.60 b (92)
	Rerata	1651.53 a	1189.09 b (72)
Luas daun spesifik (cm ²)	Pangrango	333.09 a	448.18 a (135)
	Ceneng	334.97 a	491.38 a (147)
	Godek	296.08 a	390.55 a (132)
	Slamet	282.52 a	426.45 a (151)
	Rata-rata	311.67 b	439.14 a (141)
Luas daun trifoliat (cm ²)	Pangrango	16.66 b	19.38 b (116)
	Ceneng	22.09 a	25.96 a (118)
	Godek	20.94 ab	22.31 b (107)
	Slamet	17.93 ab	19.80 b (110)
	Rata-rata	16.94 b	21.86 a (129)
Kepadatan trikoma (mm ²)	Pangrango	459.92 c	437.19 a (95)
	Ceneng	481.14 c	250.80 c (52)
	Godek	1044.86 a	369.00 b (35)
	Slamet	697.66 b	331.11 c (47)
	Rata-rata	666.39 a	347.02 b (52)

Keterangan : Nilai rata-rata untuk intensitas cahaya yang berbeda dan nilai genotipe dalam intensitas cahaya yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 95%; angka dalam kurung merupakan persentase relatif (dibulatkan) terhadap kontrol

Ketebalan Daun dan Panjang Lapisan Palisade

Intensitas cahaya sangat berpengaruh terhadap ketebalan daun dan panjang lapisan palisade. Intensitas cahaya 50% menyebabkan daun menjadi lebih tipis dan palisade menjadi lebih pendek. Pada intensitas cahaya 50% ketebalan daun dan panjang lapisan palisade masing-masing hanya mencapai 74% dan 70% kontrol (Tabel 2).

Ketebalan Daun. Pada intensitas cahaya 50%, Pangrango memiliki daun yang lebih tipis tetapi tidak

berbeda nyata dengan Ceneng (Tabel 2). Meskipun demikian, Ceneng memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengurangi ketebalan daun yakni mencapai 76% kontrol sedangkan Pangrango hanya mencapai 82% kontrol. Godek memiliki tebal daun yang tidak berbeda nyata dengan Ceneng tetapi kemampuannya untuk mengurangi ketebalan daun hanya mencapai 90%. Slamet memiliki daun yang paling tebal dan berbeda nyata dengan genotipe lainnya, mencapai 92% kontrol.

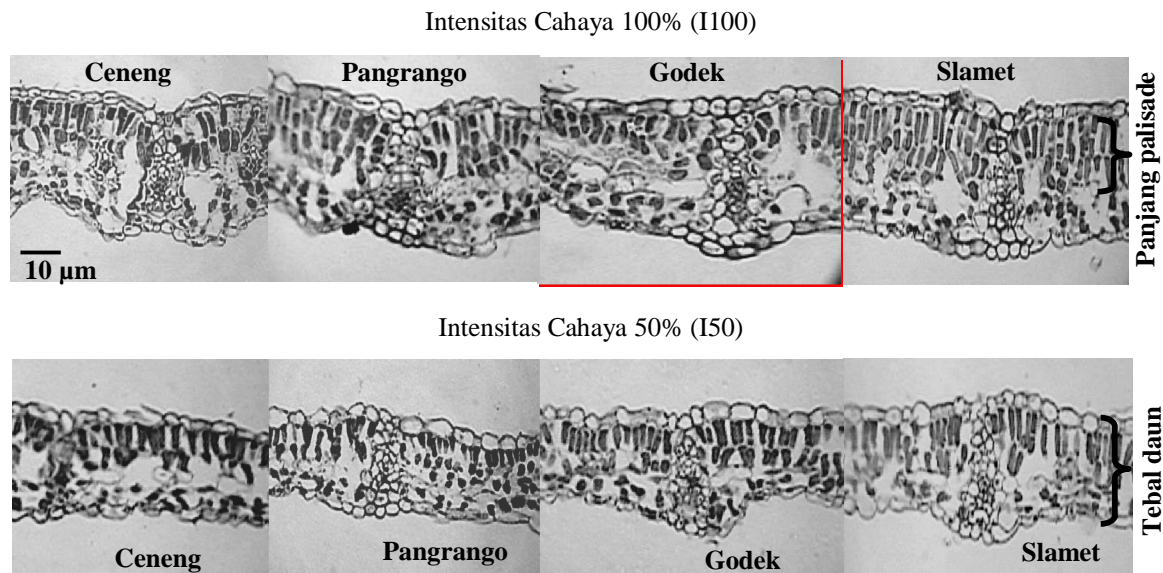
Tabel 2. Ketebalan daun dan panjang lapisan palisade empat genotipe kedelai yang diuji pada intensitas cahaya 100% dan 50%

Peubah	Genotipe	Intensitas Cahaya (%)	
		100 (kontrol)	50
Ketebalan daun (µm)	Pangrango	19.56 b	16.00 c (82)
	Ceneng	23.02 b	17.56 bc (76)
	Godek	21.20 c	19.07 b (90)
	Slamet	24.41 a	22.52 a (92)
	Rata-rata	25.31 a	18.79 b (74)
Panjang palisade (µm)	Pangrango	8.57 c	6.67 d (78)
	Ceneng	10.22 b	7.48 c (73)
	Godek	9.80 b	8.48 b (86)
	Slamet	11.50 a	10.48 a (91)
	Rata-rata	11.77 a	8.28 b (70)

Keterangan : Nilai rata-rata untuk intensitas cahaya yang berbeda dan nilai genotipe dalam intensitas cahaya yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 95%; angka dalam kurung merupakan persentase relatif (dibulatkan) terhadap kontrol

Panjang Lapisan Palisade. Pangrango memiliki palisade yang lebih pendek dan berbeda nyata dengan genotipe lainnya, tetapi Ceneng memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam mengurangi panjang lapisan palisade yakni mencapai 73% kontrol sedangkan Pangrango hanya mencapai 78% kontrol. Lapisan

palisade terpanjang ditemukan pada Slamet dan kemampuan reduksi panjang lapisan palisadanya juga rendah, hanya mencapai 91% kontrol. Tampilan ketebalan daun dan panjang lapisan palisade dari genotipe kedelai yang diuji dalam intensitas cahaya 100% dan 50% disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Ketebalan daun dan panjang palisade (μm) empat genotipe kedelai dalam intensitas cahaya 100% (I100) dan 50% (I50)

Intensitas Kehijauan dan Kandungan Klorofil

Intensitas Kehijauan. Daun kedelai yang menerima intensitas cahaya 50% mengalami peningkatan intensitas kehijauan (108% kontrol) (Tabel 3). Dalam intensitas cahaya 50%, Ceneng memiliki intensitas kehijauan tertinggi dan berbeda nyata dengan genotipe lainnya.

Kandungan Klorofil. Kandungan klorofil *a*, *b*, dan klorofil total berbeda antar genotipe baik dalam intensitas cahaya 100% maupun 50% (Tabel 3). Pada intensitas cahaya 50%, kandungan klorofil *a* dan *b* lebih tinggi sedangkan nisbah klorofil *a/b* lebih rendah dibandingkan dengan intensitas cahaya 100% tetapi secara statistik tidak berbeda nyata. Dalam intensitas cahaya 50% Ceneng memiliki klorofil *b* tertinggi dan berbeda nyata dengan genotipe lainnya, demikian pula klorofil *a* kecuali dengan Pangrango. Sebaliknya, nisbah klorofil *a/b* menurun akibat perlakuan intensitas cahaya 50%, masing-masing genotipe mencapai 97% kontrol untuk Pangrango dan Ceneng, sedangkan Godek dan Slamet hanya mencapai 94% dan 89% kontrol.

Hubungan antara Klorofil Total dengan Intensitas Kehijauan

Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara klorofil total dengan intensitas kehijauan. Hubungan antara klorofil total dengan intensitas kehijauan mengikuti persamaan $Y = 0.2494X + 0.5037$ dengan koefisien korelasi sebesar 0.80 (Gambar 2).

Pembahasan

Luas Daun

Berdasarkan luas daun (luas daun total, spesifik, dan trifoliat) dapat diduga bahwa tanaman kedelai yang diuji memberikan respon terhadap keadaan intensitas cahaya rendah dengan cara : (1) mengurangi (luas daun total, jumlah daun, dan berat kering daun) dan (2) meningkatkan luas daun trifoliat dan luas daun spesifik. Hal ini selain merupakan mekanisme penangkapan dan penggunaan cahaya yang lebih efisien, juga untuk memelihara keseimbangan penggunaan fotosintat.

Kemampuan yang tinggi dalam mengurangi luas daun total serta meningkatkan luas daun spesifik dan trifoliat ditemukan pada genotipe Ceneng. Indikasi seperti ini Tabel 3. Kandungan klorofil dan intensitas kehijauan daun cahaya 100% dan 50%

juga dilaporkan oleh Bunce *et al.* (1977) dalam Patterson (1980), Khumaida (2002), Sopandie *et al.* (2003), serta Handayani (2003).

dari empat genotipe kedelai yang diuji pada intensitas

Peubah	Genotipe	Intensitas Cahaya (%)	
		100 (kontrol)	50
Intensitas kehijauan	Pangrango	1.07 ab	1.11 b (104)
	Ceneng	1.10 a	1.25 a (114)
	Godek	0.99 bc	1.09 bc (110)
	Slamet	0.94 c	1.01 c (108)
	Rata-rata	1.03 b	1.11 a (108)
Kandungan klorofil a (mg/g)	Pangrango	1.95 bc	2.19 ab (112)
	Ceneng	2.32 a	2.55 a (115)
	Godek	2.14 ac	1.90 b (89)
	Slamet	1.76 c	1.68 b (96)
	Rata-rata	2.04 a	2.08 a (102)
Kandungan klorofil b (mg/g)	Pangrango	0.78 ab	0.90 b (110)
	Ceneng	0.98 a	1.11 a (111)
	Godek	0.89 ab	0.84 b (94)
	Slamet	0.66 b	0.71 b (108)
	Rata-rata	0.83 a	0.89 a (107)
Nisbah klorofil a/b (mg/g)	Pangrango	2.50 a	2.43 a (97)
	Ceneng	2.37 a	2.30 a (97)
	Godek	2.40 a	2.26 a (94)
	Slamet	2.67 a	2.37 a (89)
	Rata-rata	2.46 a	2.34 a (95)

Keterangan : Nilai rata-rata untuk intensitas cahaya yang berbeda dan nilai genotipe dalam intensitas cahaya yang sama dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan 95%; angka dalam kurung merupakan persentase relatif (dibulatkan) terhadap kontrol

Meningkatnya luas daun spesifik oleh perlakuan intensitas cahaya 50% sejalan dengan pendapat Logan *et al.* (1999) dan Atwell *et al.* (1999) bahwa salah satu karakter daun naungan adalah meningkatnya nisbah luas daun terhadap berat daun (*specific leaf area*). Luas daun spesifik berbanding terbalik dengan berat daun spesifik (nisbah berat daun terhadap luas daun), karena itu daun yang berkembang dalam intensitas cahaya rendah memiliki berat daun spesifik yang lebih rendah (Ludlow dan Wilson, 1971 dalam Patterson, 1980; Allard *et al.*, 1991; Percy, 1999).

Kepadatan Trikoma

Hasil analisis menunjukkan bahwa intensitas cahaya rendah menyebabkan kepadatan trikoma berkurang. Kondisi ini sangat menguntungkan tanaman karena jumlah cahaya yang akan direfleksikan menjadi sedikit, sehingga daun semakin efisien dalam menangkap cahaya. Rosario *et al.* (2004) menemukan bahwa kepadatan trikoma pada daun kedelai tergantung genotipe.

Genotipe Ceneng memiliki jumlah trikoma paling sedikit, sehingga diduga genotipe tersebut akan lebih

efisien dalam menangkap cahaya yang tersedia dibanding genotipe lainnya. Hal ini sesuai dengan hipotesis Levitt (1980) bahwa keberhasilan tanaman untuk tumbuh dan berkembang dalam intensitas cahaya rendah adalah dengan cara mengefisienkan penangkapan cahaya, antara lain dengan cara mengurangi jumlah trikoma. Hipotesis Levitt sejalan dengan penemuan Hale dan Orcutt (1987) dan Atwell *et al.* (1999) bahwa adanya trikoma akan meningkatkan jumlah cahaya yang direfleksikan. Pada tumbuhan semak gurun pasir, daun dengan kandungan klorofil yang sama memiliki kemampuan yang sangat berbeda dalam mengabsorpsi cahaya oleh karena perbedaan jumlah trikoma; cahaya yang diserap oleh daun dengan trikoma yang banyak berkurang 40% dibanding daun tanpa atau trikomanya sedikit (Taiz dan Zeiger, 2002).

Ketebalan Daun dan Panjang Palisade

Intensitas cahaya rendah menyebabkan daun menjadi lebih tipis dan palisade yang pendek. Tipisnya daun-daun yang terekspos pada intensitas cahaya rendah telah dilaporkan pada berbagai jenis tanaman (Ludlow

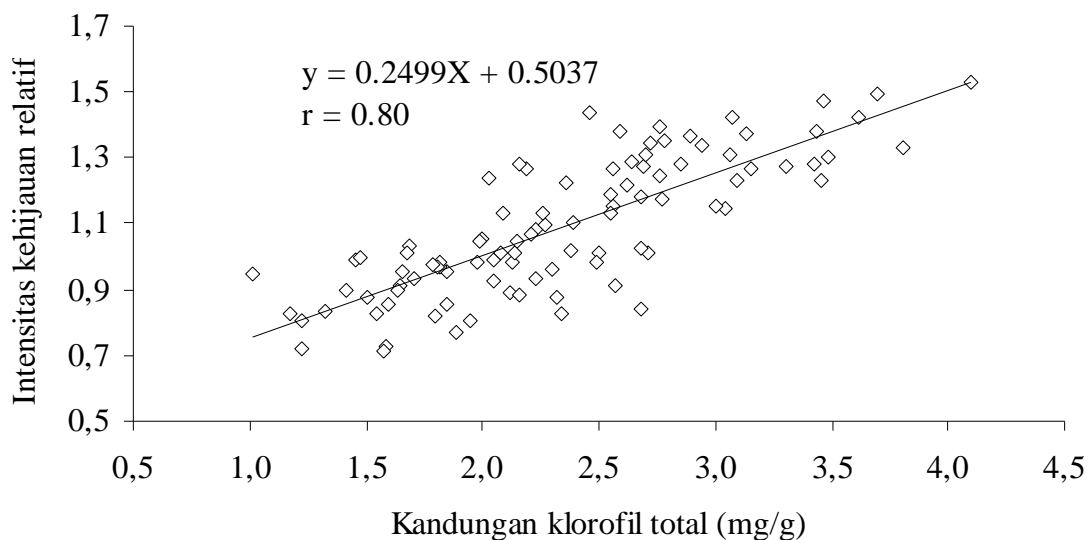
dan Wilson, 1971 dalam Patterson, 1980; Levitt, 1980; Allard *et al.*, 1991; Salisbury dan Ross, 1992; Bolhar-Nordenkampf dan Draxler, 1993; Logan *et al.*, 1999; Taiz dan Zeiger, 2002) termasuk pada tanaman kedelai (Bunce *et al.*, 1977 dalam Patterson, 1980; Khumaida, 2002; Sopandie *et al.*, 2003; Handayani, 2003). Tipisnya daun-daun yang terekspos pada intensitas cahaya rendah menyebabkan kloroplas lebih terorientasi pada bidang permukaan sehingga efisiensi penangkapan cahaya meningkat. Selain itu, daun yang tipis akan mengefisienkan penggunaan metabolit (Hale dan Orcutt, 1980) sehingga diharapkan produk akhir tanaman masih relatif tinggi. Pada intensitas cahaya 50%, genotipe Ceneng memiliki kemampuan relatif yang lebih tinggi untuk menurunkan ketebalan daun.

Pengurangan ketebalan daun berkaitan langsung dengan panjang dan susunan lapisan palisade; semakin panjang sel palisade atau bila palisade terdiri atas beberapa lapis sel, daun semakin tebal. Pada intensitas cahaya tinggi sel-sel palisade lebih panjang dan tersusun atas dua atau tiga lapisan, sedangkan pada intensitas cahaya rendah, palisade lebih pendek dan pada umumnya terdiri dari hanya satu lapis (Salisbury dan Ross, 1992; Logan *et al.*, 1999; Taiz dan Zeiger, 2002). Palisade yang pendek dan/atau hanya terdiri dari satu lapis merupakan suatu modifikasi yang paling baik terkait rendahnya intensitas cahaya rendah, sebab

dengan demikian kloroplas akan lebih terkonsentrasi ke permukaan adaksial daun sehingga penangkapan cahaya akan lebih efisien. Selain itu, sintesis palisade yang panjang dan beberapa lapis akan membutuhkan banyak fotosintat sehingga dapat diduga bahwa palisade yang pendek dan hanya satu lapis juga merupakan mekanisme untuk mengefisienkan penggunaan fotosintat.

Intensitas Kehijauan

Intensitas kehijauan meningkat secara nyata oleh perlakuan intensitas cahaya 50% dan genotipe Ceneng memiliki intensitas kehijauan yang lebih tinggi. Warna hijau pada daun yang tampak oleh mata terbentuk karena klorofil mengabsorpsi cahaya merah dan biru sedangkan cahaya hijau ditransmisikan atau direfleksikan (Percy, 1999; Buchanan *et al.*, 2000; Taiz dan Zeiger, 2002). Ini berarti, semakin hijau suatu helaian daun kandungan klorofilnya akan semakin tinggi. Karena itu diduga peningkatan intensitas kehijauan dalam cahaya rendah merupakan gambaran adanya akumulasi klorofil pada permukaan daun bagian atas. Dugaan adanya hubungan antara intensitas kehijauan dengan kandungan klorofil ditunjukkan oleh koefisien korelasi yang tinggi ($r = 0.80$) (Gambar 2).



Gambar 2. Hubungan antara kandungan klorofil total dengan intensitas kehijauan daun

Kandungan Klorofil

Seiring dengan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terjadi sintesis, kerusakan, degradasi, dan perbaikan aparatus fotosintetik termasuk klorofil. Proses perbaikan tergantung cahaya, sehingga kemampuannya akan terbatas bila intensitas cahaya terbatas (Richter *et*

al., 1990). Dalam hal demikian, kemampuan mengimbangi degradasi sangat penting bagi daya adaptasi terhadap intensitas cahaya rendah, yaitu dengan meningkatkan jumlah kloroplas per luas daun (Taiz dan Zeiger, 2002) dan dengan peningkatan jumlah klorofil per kloroplas (Okada *et al.*, 1992). Kemampuan yang lebih tinggi dalam meningkatkan klorofil ditunjukkan

oleh genotipe Ceneng. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Khumaida (2002), Sopandie *et al.* (2003), dan Handayani (2003).

Nisbah klorofil *a/b* menurun oleh perlakuan intensitas cahaya 50% yang berarti bahwa terjadi peningkatan kandungan klorofil *b*. Hal ini sejalan dengan penjelasan Hidema *et al.* (1992) bahwa menurunnya nisbah klorofil *a/b* pada tanaman yang dinaungi disebabkan oleh peningkatan klorofil *b*, yang berkaitan dengan peningkatan protein klorofil *a/b* pada LHC II. Selanjutnya, Anderson (1988) dalam Atwell *et al.* (1999) dan Percy (1999) menyebutkan bahwa redahnya nisbah klorofil *a/b* merupakan refleksi dari peningkatan kompleks pemanen cahaya (LHCII) relatif terhadap pusat reaksi; peningkatan ini akan mempertinggi efisiensi pemanenan cahaya (Khumaida *et al.*, 2003).

KESIMPULAN

Dalam intensitas cahaya 50% terjadi perubahan pada karakter daun meliputi: (1) meningkatnya luas daun spesifik, luas daun trifoliat, kandungan klorofil *a* dan *b*, dan (2) berkurangnya kepadatan trikoma, ketebalan daun, panjang lapisan palisade, dan nisbah klorofil *a/b*. Perubahan tersebut merupakan mekanisme untuk efisiensi penangkapan cahaya. Peningkatan luas daun spesifik dan trifoliat serta kandungan klorofil *a* dan *b* tertinggi ditemukan pada genotipe Ceneng. Sebaliknya, Ceneng memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk mengurangi kepadatan trikoma, ketebalan daun, lapisan palisade, dan nisbah klorofil *a/b*. Intensitas kehijauan daun dapat dimanfaatkan untuk menduga kandungan klorofil daun.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian Hibah Penelitian Tim Pascasarjana (HPTP) 2004-2006 sumber dana Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Allard, G., C. J. Nelson, S.G. Pallardy. 1991. Shade effects on growth of tall fescue : I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. *Crop Sci.* 31:163-167.
- Asadi, B., D.M. Arsyad, H. Zahara, Darmijati. 1997. Pemuliaan kedelai untuk toleran naungan. *Buletin Agrobio* 1:15-20.
- Atwell, B., P. Kriedeman, C. Turnbull (editors). 1999. *Plants in Action; Adaptation in nature,* performance in cultivation. Ed ke-1. South Yarra : Macmillan Education Australia PTY LTD. 664 p.
- Badan Pusat Statistik [BPS]. 2002. *Survei Pertanian, Produksi Tanaman Pangan dan Sayuran di Indonesia Tahun 2002.* Jakarta: BPS. p : 184-204.
- Bohlar-Nordenkamp, H.R., G. Draxler. 1993. Functional leaf anatomy. In D.O. Hall, J.M.O. Scurlock, H.R. Bohlar-Nordenkamp, L.C. Leegood, and S.P. Long (eds). *Photosynthesis and Production in a Changing Environmental : A Field and Laboratory Manual.* London : Chapman & Hall. p. 91 – 112.
- Buchanan, B.B., W. Gruissem, R.L. Jones. 2000. *Biochemistry & Molecular Biology of Plants.* Rockville-Maryland : American Society of Plant Physiology. 1366 p.
- Buttery, B.R, J.D. Gaynor, R.I. Buzzell, MacTavish, R.J. Armstrong. 1992. The effects of shading on kaempferol content and leaf characteristics of five soybean lines. *Physiologia Plantarum* 86:279-284.
- Chozin, M.A., D. Sopandie, S. Sastrosumarjo, Suwarno. 2000. *Physiology and genetic of upland rice adaptation to shade.* Final Report of Graduate Team Research Grant, URGE Project. Directorate General of Higher Education, Ministry of Education and Culture. 143 p.
- Croxdale, J. 1998. Stomatal patterning in monocotyledons: *Tradescantia* as a model system. *Journal of Experimental Botany* Vol. 49, Special Issue, p. 279-292.
- Elfarsina. 2000. *Adaptasi Kedelai Terhadap Naungan: Studi Morfologi dan Anatomi.* Thesis Magister Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Hale, M.G., D.M. Orcutt. 1987. *The Physiology of Plants under Stress.* New York : John Wiley and Sons. 206 p.
- Handayani, T. 2003. *Pola Pewarisan Sifat Toleran Terhadap Intenitas Cahaya Rendah pada Kedelai (Glycine max (L) Merrill) dengan Penciri Spesifik Karakter Anatomi, Morfologi dan Molekuler.* Disertasi Doktor Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Hidema, J., A. Makino, Y. Kurita, T. Mae, K. Ohjima. 1992. Changes in the level of chlorophyll and light-harvesting chlorophyll *a/b* protein of PSII in rice leaves agent under different irradiances from full expansion through senescence. *Plant Cell Physiol.* 33(8):1209-1214.

- Khumaida, N. 2002. Studies on Upland Rice and Soybean to Shade Stress. (Disertasi). The University of Tokyo, Tokyo.
- Lestari, T. 2005. Adaptasi Kedelai Terhadap Intensitas Cahaya Rendah Melalui Pendekatan Analisis Isozim. (Tesis). Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Levitt, J. 1980. Response of Plants to Environmental Stress. New York : Academic Press. 607 p.
- Logan, B.A., B. Demmig-Adams, W.W. Adams. 1999. Acclimation of photosynthesis to the environment. *In* G.S. Singhal, G. Renger, S.K. Sopory, K.D. Irrgang, and Govindjee (eds). Concepts in Photobiology: Photosynthesis and Photomorphogenesis. Boston : Kluwer Academic Publisher. p. 477 – 512.
- MacRobbie, E.A.C. 2002. Evidence for a role for protein tyrosine phosphatase in the control of ion release from the guard cell vacuole in stomatal closure. PNAS Vol. 99 no. 18. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.172360399.
- Magat, S.S. 1989. Growing condition and growth habits of coconut in relation to coconut based farming system. Proceeding of the Asian and Pasific Coconut Community XVII COCOTECH meeting. CBFS, Manila, Philippines.
- McNellis, T., X.W. Deng. 1995. Light control of seedling morphogenic pattern. *The Plant Cell* 7:1749-1761.
- Okada, K., I.Yasunori, S. Kazuhiko, M. Tadahiko, I.C. Sakae. 1992. Effect of light on degradation of chlorophyll and proteins during senescence of detaches rice leaves. *Plant Cell Physiol.* 33(8):1183-1191.
- Patterson, D.T. 1980. Light and temperature adaptation. *In* J.D. Hesketh and J.W. Jones (eds). Predicting Photosynthesis for Ecosystem Models Volume I. Boca Raton-Florida : CRC Press Inc. p. 205 – 235.
- Pearcy, RW. 1999. Acclimation to sun and shade. *In* A.S. Raghavendra (ed). Photosynthesis: A Comprehensive Treatise. Cambridge University Press. p. 250-261.
- Pinem, R. 2000. Strategi pengembangan produksi kedelai. Prosiding Lokakarya Penelitian dan Pengembangan Produksi Kedelai Di Indonesia. Jakarta, BPP Teknologi.
- Richter, M., W. Ruhle, A. Wild. 1990. Studies on the mechanism of photosystem II photoinhibition. The involvement of toxic oxygen species. *Photosyn. Res.* 24:237-243.
- Salisbury, F.B., C.W. Ross. 1992. *Plant Physiology*. 4th edition. Wadsworth Pub.Co.747 p.
- Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, T. Handayani, A. Djufri, T. Takano. 2003. Adaptability of soybean to shade stress : Identification of morphophysiological responses. Proceeding of the 2nd Seminar Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production. Tokyo : Tokyo University, February 15-16, 2003.
- Taiz, L., E. Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. California : The Benjamin/Cummings Pub. Co., Inc. 559 p.
- Trikoesoemaningtyas, D. Sopandie, T. Takano. 2003. Genetic and breeding of soybean for adaptation to shade stress. Proceeding of the 2nd Seminar Toward Harmonization between Development and Environmental Conservation in Biological Production. Tokyo : Tokyo University, February 15-16, 2003.
- Yoshida, S., F.T. Parao. 1976. Climate influence on yield and yield components of low land rice tropics. Proc. of Symposium on Climate and Rice. Los Banos Philippines : IRRI.