

Pertumbuhan, Produksi dan Kandungan Triterpenoid Dua Jenis Pegagan (*Centella asiatica* L. (Urban)) Sebagai Bahan Obat pada Berbagai Tingkat Naungan

Indian Pennywort (*Centella asiatica* L. (Urban)) Growth, Yield, and Triterpenoid Content as Medicinal Substance on Various Levels of Shading

Ani Kurniawati^{1*}, Latifah K. Darusman² dan Rani Yulie Rachmawaty³

Diterima 3 Mei 2005/Disetujui 15 November 2005

ABSTRACT

*The research was aimed to determine the optimum shading level and effect two types of Indian Pennywort (*Centella asiatica* L. Urban) on growth, production, and triterpenoid. The research was conducted on March until November 2004 at BIOFARMAKA Research Station, Darmaga and chemical analysis was conducted at Analytical Chemistry Laboratory, FMIPA, Baranangsiang. Split plot design with two factors was used in this experiment. The first factor was shading level as main plots consisting of 0, 25, 55, and 75% shading level. The second factor was type of Indian Pennywort as subplots consisting of big and small Indian Pennywort.*

Result of the reseach showed that shading effects decrease leaf area indeks, yield, and composition of triterpenoid content of Indian Pennywort. No shading treatment showed optimum growth and yield. The combination of 25% shading and small type of Indian Pennywort gave the highest triterpenoid content. Both types of Indian Pennywort showed best growth; the difference in length of petiole, number of leaf and shoots but the small one gave the best yield.

Key words : Indian Pennywort type, shading level, triterpenoid

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil tanaman obat yang cukup potensial. Salah satu tumbuhan yang telah dikenal luas di seluruh dunia sebagai obat adalah pegagan atau *Centella asiatica* L. (Urban).

Terpenoid khususnya triterpenoid merupakan kandungan utama pegagan, terdiri atas asiatikosida, sentelosida, madekasosida, brahmosida dan brahminosida (glikosida saponin), asam *asiaticentoic*, asam *centellic*, asam *centoic* dan asam *madekasat*. Asiatikosida memacu sintesis kolagen dan mucopolisakarida untuk memperbaiki jaringan yang luka sedangkan oksiasiatikosida dapat membunuh basilus tuberkolosis (Barnes *et al.*, 2002; Fahmi, 2002)

Menurut Lasmadiwati *et al.* (2003), terdapat beberapa jenis; jenis pegagan yang mudah ditemukan karena telah dibudidayakan dan diperdagangkan saat ini adalah pegagan besar dan pegagan kecil. Kedua jenis pegagan berbeda morfologinya, tetapi belum diketahui perbedaan kandungan bahan aktifnya.

Pengaruh naungan terhadap tanaman obat sangat penting untuk dipelajari mengingat kondisi yang ideal dalam budidaya tanaman obat adalah kombinasi biomassa dan bahan aktif yang tinggi. Telah diketahui bersama bahwa umumnya pengusahaan tanaman obat tidak secara monokultur tetapi sebagai tanaman sela dalam sistem intercropping.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penanaman dan jenis pegagan terhadap pertumbuhan, produksi dan kandungan triterpenoid tanaman pegagan sebagai bahan obat.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Biofarmaka IPB Darmaga, Bogor, ketinggian tempat \pm 240 m di atas permukaan laut (dpl) dan analisis kimia dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik, FMIPA IPB, Baranangsiang. Percobaan dimulai pada bulan Maret sampai November 2004.

¹ Staf Pengajar Departemen Agronomi dan Hortikultura Faperta IPB
Jl Meranti Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680 Telp/Fax (0251) 629353

(* Penulis untuk Korespondensi)

² Staf pengajar Departemen Kimia, FMIPA IPB

³ Alumnus Departemen Budidaya Pertanian, Faperta IPB

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bibit pegagan berupa stek stolon berakar berumur 3–4 minggu, pupuk kandang, paranet, bambu dan bahan kimia untuk analisis fitokimia. Alat-alat yang digunakan adalah polibag, timbangan, gunting, termometer bola basah dan kering, oven, *light meter*, *Automatic Leaf Area Meter*, kuadran, sprayer, alat-alat pertanian dan alat-alat untuk analisis kimia.

Rancangan yang digunakan pada percobaan ini adalah Rancangan Petak Terbagi yang terdiri atas dua faktor yaitu taraf naungan sebagai petak utama dan jenis pegagan sebagai anak petak. Petak utama terdiri atas empat taraf naungan, yaitu tanpa naungan (N0), 25% (N1), 55 % (N2) dan 75% (N3), sedangkan anak petak terdiri atas dua jenis pegagan, yaitu pegagan besar (P1) dan pegagan kecil (P2). Terdapat delapan kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Tiap satuan percobaan diwakili oleh 10 tanaman. Data diuji dengan sidik ragam, bila berbeda nyata dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT).

Peubah pertumbuhan diamati setiap 2 minggu sekali dimulai umur 4-12 Minggu Setelah Tanam (MST) meliputi panjang tangkai daun, jumlah daun, dan jumlah anakan; panjang stolon diukur saat tanaman berumur 4, 8, dan 12 MST. Bobot basah, bobot kering dan Indeks Luas Daun (ILD) diamati tiap 1 bulan. Pada akhir penelitian (12 MST) peubah yang diamati bobot panen total, baik bobot basah maupun bobot kering tanaman (biomassa). Analisis fitokimia secara kualitatif dilakukan untuk semua perlakuan (Harbone, 1987); sedangkan pemisahan dengan Kromatografi Lapis Tipis

(KLT) dilakukan untuk perlakuan yang menghasilkan biomassa dan kandungan bahan aktif tinggi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Panjang Tangkai Daun

Naungan 75% menghasilkan tangkai daun terpanjang berbeda nyata dengan taraf naungan lainnya (Tabel 1). Panjang tangkai daun terpanjang saat tanaman berumur 10 MST, yaitu sebesar 10.64 cm atau lebih panjang 27.27% dibanding kontrol. Hal ini disebabkan intensitas cahaya di bawah naungan 75% yang rendah sehingga merangsang perpanjangan sel (etiolasi) dan meningkatkan panjang tangkai daun.

Prawirana *et al.* (1981) menyatakan bahwa bagian tanaman yang terkena cahaya mengandung auksin lebih rendah daripada bagian yang gelap/ternaungi. Auksin merangsang pemanjangan sel dan akibatnya juga pemanjangan batang. Hal ini didukung oleh pendapat Gardner *et al.* (1991) yang menyatakan bahwa etiolasi terjadi karena adanya peningkatan sintesis auksin pada kondisi intensitas cahaya rendah dan penyinaran cahaya akan menurunkan auksin dan mengurangi tinggi tanaman.

Pegagan besar dan kecil berbeda nyata panjang tangkai daunnya (Tabel 1). Pegagan besar mempunyai tangkai daun lebih panjang dibanding pegagan kecil. Hal ini kemungkinan karena perbedaan sifat genetik antara kedua jenis pegagan.

Tabel 1. Rataan panjang tangkai daun pegagan pada berbagai taraf naungan dan jenis pegagan

Perlakuan	Umur				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	----- cm -----				
Intensitas Naungan					
0%	5.55	6.89b	7.54b	8.36bc	8.55
25%	6.37	7.16b	7.41b	7.73c	8.36
55%	6.80	8.40a	8.73ab	8.92b	8.02
75%	8.00	8.97a	9.42a	10.64a	9.90
Jenis Pegagan					
Besar	9.22a	10.78a	11.04a	12.02a	11.21a
Kecil	4.14b	4.93b	5.52b	6.17b	6.45b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Jumlah Daun

Kondisi tanpa naungan menghasilkan rata-rata jumlah daun tertinggi berbeda nyata dengan taraf naungan 75% (Tabel 2). Jumlah daun per tanaman pada

kondisi tanpa naungan mencapai 270.83 helai, sedangkan naungan 75% pada umur yang sama 175.33 helai daun atau 35.26% lebih rendah dibanding tanpa naungan.

Tabel 2. Rataan jumlah daun pegagan pada berbagai taraf naungan dan jenis pegagan

Perlakuan	Umur				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	----- helai -----				
Intensitas Naungan					
0%	43.33	166.50a	206.50a	213.33a	270.83
25%	40.17	138.33ab	162.67ab	185.40a	242.60
55%	33.17	105.33bc	143.50b	133.00b	177.83
75%	26.83	78.17c	113.67b	132.83b	175.33
Jenis Pegagan					
Besar	33.08	114.75	109.50b	110.18b	156.64b
Kecil	38.67	129.42	203.67a	215.83a	269.50a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Semakin tinggi taraf naungan menyebabkan menurunnya jumlah daun per tanaman. Penaungan mengurangi energi cahaya matahari yang dibutuhkan oleh tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini akan menyebabkan berkurangnya produksi fotosintat yang berakibat pada berkurangnya pembentukan daun. Menurut Leopold dan Kriedelman (1981), adanya naungan akan menyebabkan terganggunya pertumbuhan akar, daun, dan kuncup bunga karena radiasi yang rendah. Tanaman yang tumbuh di bawah naungan akan menerima intensitas cahaya matahari yang lebih rendah jika dibandingkan dengan tanpa naungan. Intensitas cahaya matahari yang rendah menyebabkan menurunnya laju fotosintesis. Menurut Salisbury dan Ross (1995), berkurangnya intensitas cahaya menyebabkan laju fotosintesis menurun karena produksi ATP dan NADPH tidak cukup, sehingga jumlah

asimilat juga menurun.

Pegagan besar memiliki jumlah daun nyata lebih sedikit dibanding jenis pegagan kecil terutama pada umur 8 hingga 12 MST (Tabel 3). Hal ini kemungkinan disebabkan perbedaan sifat genetik di antara kedua jenis pegagan

Tanaman menunjukkan pola pertumbuhan jumlah daun yang masih terus meningkat sampai akhir pengamatan, baik pada perlakuan naungan ataupun jenis pegagan. Peningkatan jumlah daun tiap 4 minggunya menunjukkan angka yang cukup besar. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mempercepat pola pemanenannya, dari 3 bulan sekali menjadi 1 atau 2 bulan sekali, mengingat tanaman pegagan dapat dipanen secara *ratoon*.

Tabel 3. Rataan jumlah anakan pegagan pada berbagai taraf naungan dan jenis pegagan

Perlakuan	Umur				
	4 MST	6 MST	8 MST	10 MST	12 MST
	----anakan----				
Intensitas Naungan					
0%	12.67	46.67	57.83a	88.83a	99.50
25%	13.33	45.00	47.83b	72.00ab	88.80
55%	12.17	39.33	43.50b	51.00b	73.50
75%	10.83	31.83	40.00b	53.33b	70.83
Jenis Pegagan					
Besar	10.58b	6.00a	36.42b	49.18b	69.36b
Kecil	13.92a	45.42b	58.17a	81.50a	95.33a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Jumlah Anakan

Jumlah anakan sangat dipengaruhi oleh jenis pegagan sedangkan taraf naungan hanya berpengaruh nyata saat tanaman berumur 8 dan 10 MST (Tabel 3). Semakin tinggi taraf naungan menyebabkan menurunnya jumlah anakan per tanaman. Kondisi optimum untuk pembentukan jumlah anakan adalah tanpa naungan. Tanaman yang berada di bawah naungan 75% memiliki jumlah anakan terendah, yaitu 70.83 anakan/tanaman atau 28.31% lebih rendah dibanding kontrol.

Respon negatif tanaman terhadap perlakuan naungan diduga karena rendahnya laju fotosintesis. Harjadi (1979) menyatakan bahwa laju fotosintesis sangat berkurang selama cahaya suram atau pada langit mendung. Kondisi ini didukung oleh hasil penelitian Handoko (2002) yang menunjukkan bahwa tanaman bangle (*Zingiber purpureum* Roxb.) yang ditanam tanpa naungan menghasilkan jumlah anakan lebih banyak dibandingkan pada tanaman yang ternaungi.

Pegagan kecil mempunyai rata-rata jumlah anakan nyata lebih tinggi dibanding pegagan besar. Jumlah anakan terbesar dihasilkan saat tanaman berumur 12 MST, pegagan besar memiliki 69.36 anakan/tanaman sedangkan jumlah anakan pegagan kecil lebih besar, yaitu 95.33 anakan/tanaman atau 37.44% lebih tinggi (Tabel 4).

Tabel 4. Indeks luas daun pegagan pada berbagai taraf naungan saat Umur 3 BST

Intensitas Naungan	ILD
0%	2.32a
25%	1.84ab
55%	1.23b
75%	1.74ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%

Panjang Stolon

Jenis pegagan memberikan pengaruh sangat nyata hanya pada saat tanaman berumur 1 BST, sedangkan pada umur 2 dan 3 BST pengaruhnya tidak nyata. Saat tanaman berumur 1 BST, jenis pegagan besar memiliki panjang stolon rata-rata 25.72 cm/tanaman berbeda sangat nyata dengan panjang stolon rata-rata yang dihasilkan oleh jenis pegagan kecil, yaitu 19.65 cm/tanaman (23.60% lebih pendek dibanding pegagan besar).

Indeks Luas Daun (ILD)

Tanaman pegagan yang ditanam pada kondisi tanpa naungan memiliki ILD lebih tinggi dari pada

kondisi naungan. Pada akhir pengamatan (3 BST), tanaman di bawah naungan 75% memiliki ILD 25% lebih rendah dibanding kontrol (Tabel 4).

Semakin tingginya taraf naungan menyebabkan semakin rendahnya nilai ILD tanaman. Semakin banyak jumlah daun yang terbentuk, maka semakin besar luas daun total tanaman tersebut sehingga semakin besar pula nilai ILDnya. Hal ini didukung oleh pendapat Suwarso (1996) yang menyebutkan bahwa nilai indeks luas daun berbanding lurus dengan kelembatan tajuk.

Tanaman pegagan masih dapat tumbuh baik dengan penaungan hingga 75% dengan kondisi tajuk yang cukup rapat. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar untuk mengaplikasikan pegagan sebagai tanaman penutup tanah (*cover crop*) di perkebunan atau sebagai mulsa. Hal ini sesuai dengan pendapat Heyne (1987) bahwa pegagan dapat digunakan sebagai penutup tanah karena ketahanannya terhadap naungan.

Bobot Panen

Perlakuan taraf naungan nyata mempengaruhi bobot panen tanaman pegagan, baik bobot basah maupun kering, sedangkan perlakuan jenis pegagan dan interaksinya dengan taraf naungan tidak berpengaruh terhadap produksi pegagan. Produksi terbesar dihasilkan oleh pegagan yang ditanam pada kondisi tanpa naungan, sedangkan yang terendah dihasilkan pada kondisi naungan 75% (Tabel 5).

Bobot basah dan kering tanaman semakin menurun dengan meningkatnya taraf naungan. Persentase penurunan bobot basah dengan semakin meningkatnya taraf naungan secara berurutan adalah 51.44% (naungan 25%), 65.21% (naungan 55%), dan 67.74% (naungan 75%), sedangkan persentase penurunan bobot kering secara berurutan adalah 55.07% (naungan 25%), 66.04% (naungan 55%), dan 67.55% (naungan 75%).

Penurunan intensitas cahaya menyebabkan laju fotosintesis juga menurun yang pada akhirnya menyebabkan fotosintat yang dihasilkan pun menurun. Fotosintat yang rendah menyebabkan bobot tanaman, baik bobot basah maupun bobot kering, pada kondisi ternaungi juga rendah. Menurut Gardner *et al.* (1991), bobot kering hasil panen tanaman budidaya di lapangan merupakan akibat dari penimbunan hasil bersih asimilasi CO₂ sepanjang musim pertumbuhan. Asimilasi CO₂ merupakan hasil penyerapan energi matahari, sehingga faktor utama yang mempengaruhi peningkatan bobot kering total hasil panen adalah radiasi matahari.

Jenis pegagan tidak mempengaruhi bobot panen. Pegagan besar mempunyai jumlah daun dan anakan lebih sedikit dengan tangkai daun panjang. Pegagan kecil mempunyai jumlah daun dan jumlah anakan lebih banyak dengan tangkai daun lebih pendek. Pegagan besar menghasilkan bobot panen yang lebih besar dibanding pegagan kecil, yaitu 13.24% (2475 g) bobot basah dan 1.14% (273.72 g) bobot kering dibandingkan

pegagan kecil. Dengan demikian pemilihan jenis pegagan untuk dibudidayakan tidak semata-mata didasarkan bobot panen saja, tetapi juga harus didasarkan pada tujuan konsumsi dan khasiatnya.

Tabel 5. Peubah bobot panen pegagan pada berbagai taraf naungan

Intensitas Naungan	Bobot Basah	Bobot Kering
	----g----	
0%	4287.50a	491.55a
25%	2081.80b	270.68b
55%	1491.70b	166.93b
75%	1383.30b	159.49b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Kandungan Triterpenoid

Alkaloid hanya terdapat pada tanaman pegagan jenis kecil yang ditanam di bawah naungan 25%. Flavonoid terdapat pada seluruh kombinasi perlakuan tetapi dalam jumlah sedikit. Triterpenoid dan steroid terdapat pada seluruh kombinasi perlakuan dalam jumlah besar (Tabel 6).

Tabel 6. Hasil uji kualitatif kandungan fitokimia pegagan pada berbagai taraf naungan dan jenis

Naungan	Jenis	Triterpenoid / Steroid	Flavonoid	Alkaloid
0%	Besar	+++ / ++	+	-
	Kecil	++ / ++	+	-
25%	Besar	+++ / ++	++	-
	Kecil	++++ / ++	+	+
55%	Besar	++ / ++	+	-
	Kecil	+ / +	+	-
75%	Besar	++ / ++	+	-
	Kecil	++ / ++	+	-

Keteranga : (-) = tidak ada
 (+) = ada sedikit
 (++) = cukup banyak
 (+++) = banyak
 (++++) = sangat banyak

Kandungan alkaloid tidak ditemukan pada hampir seluruh perlakuan, disebabkan karena pada tanaman pegagan (famili Umbelliferae) tidak atau sangat sedikit terjadi biosintesis alkaloid (Sudiatso, 2001).

Triterpenoid-steroid merupakan senyawa kimia utama yang terdapat di dalam tanaman pegagan, sehingga seluruh kombinasi perlakuan menghasilkan kandungan triterpenoid-steroid dalam jumlah yang

besar. Tanaman pegagan yang ditanam pada kondisi tanpa naungan memiliki kandungan triterpenoid yang tidak berbeda dengan kondisi naungan. Menurut Mathur *et al.* (2000), kandungan triterpenoid yang tinggi dapat diperoleh dengan menanam pegagan di bawah kondisi naungan maupun cahaya penuh, tetapi dengan melakukan penyeleksian terlebih dahulu terhadap genotipenya berdasarkan kondisi lingkungan tumbuh masing-masing.

Noda-noda yang dihasilkan dari uji KLT yang dilakukan terhadap keempat kombinasi perlakuan, sebagian besar memiliki nilai Rf yang sama atau berdekatan. Hal ini menunjukkan jenis triterpenoid yang terdapat pada keempat perlakuan yang diuji adalah sama. Perbedaan banyaknya jenis triterpenoid ini terjadi karena adanya jenis yang hilang/tidak muncul yang disebabkan kemungkinan karena pengaruh naungan. Hal ini tampak dari jenis triterpenoid yang menurun jumlahnya dengan meningkatnya taraf naungan (Tabel 7).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kondisi tanpa naungan merupakan kondisi optimum untuk pertumbuhan pegagan. Perlakuan penaungan berpengaruh meningkatkan panjang tangkai daun, tetapi menurunkan jumlah daun, jumlah anakan, ILD, dan bobot panen. Perlakuan penaungan 25-75% menurunkan jumlah daun 10.42-35.26%, jumlah anakan antara 10.75-28.31%, dan ILD 20.69-46.98%.

Jenis pegagan berpengaruh nyata pada panjang tangkai daun, jumlah anakan, jumlah daun, panjang stolon, LDS dan tidak berbeda nyata pada ILD dan bobot panen.

Komposisi triterpenoid terbanyak dihasilkan dari perlakuan tanpa naungan (9 jenis triterpenoid), sedangkan komposisi triterpenoid tanaman yang tumbuh di bawah naungan berkisar antara 6-8 jenis triterpenoid. Perubahan komposisi terjadi karena ada beberapa jenis triterpenoid yang hilang karena penaungan.

Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pegagan masih dapat tumbuh dengan baik di bawah kondisi naungan hingga taraf 75%, sehingga berpotensi sebagai *cover crop*.

Pertumbuhan daun pegagan cukup pesat tiap minggunya sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh naungan yang dikombinasikan dengan pola pemanenan pegagan yang dibudidayakan secara *ratoon*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Pusat Studi BIOFARMAKA-IPB yang telah memberikan bantuan saran dan prasarana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, J., L.A. Anderson, J.D. Phillipson. 2002. Herbal Medicines. Second Edition. Pharmaceutical Press. London. 530p.
- Fahmi, R. 2002. Uji kandungan metabolit sekunder (Untuk survey di lapangan). Makalah *dalam* Workshop Peningkatan Sumber Daya Manusia, Kajian Kimia Organik Bahan Alam Hayati dan Pelestarian Hutan, 21-27 Juli 2002 di Padang.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, R. L. Mitchell. 1991. Fisiologi Tanaman Budidaya. Terjemahan Herawati Susilo. Universitas Indonesia. Jakarta. 428 hal.
- Handoko, C. 2002. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan, produksi dan mutu bangle (*Zingiber purpureum* Roxb.) pada beberapa taraf pemupukan nitrogen. Skripsi. Jurusan Budi Daya Pertanian Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Harborne, J. B. 1987. Metode Fitokimia. Penerbit ITB Bandung. Bandung. 354 hal.
- Harjadi, S. S. 1979. Pengantar Agronomi. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 193 hal.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Jilid III. Penerjemah : Badan Litbang Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Lasmadiwati, E., Herminati, M.M., Indriani, Y.H. 2003. Pegagan, meningkatkan daya ingat, membuat awet muda, menurunkan gejala stres, meningkatkan stamina. Penebar Swadaya. Jakarta. 70 hal.
- Leopold, A.A., P. E. Kriederman. 1981. Plant Growth and Development. Tata-Mc Graw-Hill Publ. Co. Ltd. New York. 531 p.
- Mathur S., Verma R. K., Gupta M. M., Ram M., Sharma S., dan Kumar S. 2000. Screening of genetic resources of the medicinal-vegetable plant *Centella asiatica* for herb and asiaticoside yields under shaded and full sunlight conditions. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 75(5):551-554.
- [[http:// www.ingenta.ac.uk](http://www.ingenta.ac.uk), 8 Januari 2005].
- Prawiranata, W., S. Haran, P. Tjondronegoro. 1981. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Jilid II. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Salisbury, F. B., C. W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 1, 2 dan 3. Edisi 4. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono. ITB. Bandung.
- Sudiatso, S. 2001. Diktat Pharmacognosy. Jurusan Budi Daya Pertanian Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor. 144 hal.
- Suwarso, Y. 1996. Sinar matahari pada lingkungan tanaman. Wawasan TRIDHARMA No. 10 Thn VIII Mei 1996. hal 35-39.