

Irradiasi pada Sistem Agroforestri Berbasis Jati dan Pinus serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Irradiation on teak and pine agroforestry system and the effect on growth of soybean

DJOKO PURNOMO^{1,*}, SYUKUR MAKMUR SITOMPUL²

Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta 57126.

Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya (Unibraw) Malang 65144.

Diterima: 23 Maret 2006. Disetujui: 2 Juni 2006.

ABSTRACT

Teak and pines are the largest tree forests in Central of Java so that they are very potential to be developed as an agroforestry system. The average Relative Irradiation Fraction (RIF)'s in the teak and pines trees are 50% and 14% respectively. Meanwhile, soybean is sun-loving crop potentially to be cultivated in the agroforestry system. The aim of the research was to study the response of the soybean (*Glycine soya*) varieties to the tree canopy pruning. The experiment was conducted at teak and pines forest area (vertisol and ultisol soil type respectively) arranged in split plot design. The main plot factor was pruning (no pruning and pruning) and the sub plot factor was variety (Willis, Pangrango and Brawijaya). The teak and pines canopy pruning (50% lower part of canopy) increases the incident irradiation among the trees by 70%-89% or equal to 600-1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and 80% or 840 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ respectively. The increase in the irradiation among the trees enhances the photosynthetic rate of soybean. The response of the soybean to the enhancing irradiation is higher in specific leaf area (SLA). Biomass production and seed yield of the soybean increases due to the canopy pruning. The seed yield of soybean increase respectively from 0.12 to 0.57 tons ha^{-1} and from 0.78 to 1.74 tons ha^{-1} in no pruning and pruning teak and pines agroforest. The Pangrango variety produces the highest yields of seed, thus it is potential to be cultivated as intercrops in a teak and pines agroforestry system.

© 2006 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: soybean, teak, pines, agroforestry.

PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan pangan seiring dengan peningkatan penduduk mendorong perluasan lahan pertanian ke kawasan hutan, mengingat peluang perluasan lahan pertanian di kawasan pertanian semakin rendah, bahkan laju konversi lahan pertanian menjadi peruntukan lain semakin tinggi seiring dengan perjalanan waktu. Hutan yang dikonversi menjadi lahan pertanian berdampak pada penurunan stabilitas lingkungan sehubungan dengan penurunan keanekaragaman hayati. Penurunan biodiversitas dapat dicegah melalui pertanaman campuran antara pohon dengan tanaman semusim (sistem agroforestri). Namun sistem tersebut belum dapat diterima sepenuhnya oleh praktisi agronomi karena pohon menaungi tanaman sela sehingga produksi tidak optimum. Tanaman yang toleran cahaya rendah dan manipulasi tajuk pohon perlu dikembangkan melalui penelitian.

Perluasan lahan pertanian di kawasan hutan melalui konversi atau pertanaman campuran antara pohon dengan tanaman semusim (sistem agroforestri) semakin meningkat karena peningkatan kebutuhan pangan. Pohon jati dan pinus merupakan jenis pohon terbesar di kawasan hutan Jawa Tengah, sehingga berpotensi sebagai kawasan pengembangan sistem agroforestri. Rerata fraksi cahaya

yang lolos dari tajuk pohon jati dan pinus masing-masing sebesar 50% dan 14% berperan sebagai faktor pembatas utama pertumbuhan tanaman sela. Umur dan kepadatan tajuk serta jarak antar pohon menentukan kuantitas cahaya yang diterima oleh tanaman sela (Purnomo, 2004). Perubahan jarak antar pohon di kawasan hutan hanya terjadi saat penjarangan pohon pada umur tertentu. Dengan demikian manipulasi untuk meningkatkan penerimaan cahaya oleh tanaman sela hanya dapat melalui pemangkasan tajuk pohon. Pemangkasan tajuk adalah bagian dari pemeliharaan pohon jati maupun pinus namun tidak pernah dilakukan sebagai upaya penghematan biaya selain tidak tampak merugikan (Perhutani Unit I, 2000) dan belum tersosialisasikan kepada petani.

Produksi tanaman kedelai varietas pangrango lebih tinggi daripada varietas willis dan brawijaya pada cahaya rendah di luar sistem agroforestri. Berdasarkan hal itu maka tanggapan varietas tersebut pada sistem agroforestri perlu diuji. Tanaman jagung memeberikan perbedaan tanggapan terhadap iradiasi rendah di dalam dan di luar sistem agroforestri berbasis kelapa (Braconnier, 1998). Perbedaan tersebut dapat terjadi karena cahaya pada sistem agroforestri bersifat lebih kompleks (Ong *et al.*, 1996; Huxley, 1999; Sitompul, 2003), iradiasi cahaya di bawah pohon tidak konstan sedangkan di bawah naungan buatan selalu konstan. Pada sistem agroforestri juga terjadi kompetisi untuk memperoleh air dan nutrisi antara tanaman sela dan pohon (Carlson *et al.*, 1994; Huxley, 1996; Hairiah, 2001; Hairiah dan Utami, 2003).

* Alamat korespondensi:

Jl. Ir. Sutami 36A Surakarta 57126
Tel. & Fax.: +62-271-632451
e-mail: djkpnm@yahoo.com

Pemangkasan 1/3 bagian bawah tajuk pohon pinus meningkatkan fraksi cahaya lolos sebesar 15% sehingga meningkatkan hasil jagung sebesar 30% (Sitompul, 2003) dan hasil kedelai sebesar 60% (Retnaningtyas, 2003). Peningkatan cahaya yang lolos dari tajuk menyebabkan peningkatan fotosintesis tanaman sela, sehingga meningkatkan produksi biomassa tanaman dan hasil panennya. Varietas pangrango ternaungi 60% ($720-780 \mu \text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) mampu mencapai produksi biji 30% dari tanaman normal, sehingga berpotensi untuk dibudidayakan sebagai tanaman sela pada sistem agroforestri. Penelitian yang diselenggarakan di bawah tegakan jati dan pinus dengan tanaman sela kedelai untuk mempelajari tanggapan tanaman tersebut terhadap pemangkasan tajuk pohon bagian bawah (50% tinggi tajuk) (pemangkasan tajuk maksimum yang diperbolehkan untuk pohon jati dan pinus).

BAHAN DAN METODE

Percobaan lapangan (dua percobaan) diselenggarakan dengan tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus. Tempat percobaan di bawah tegakan jati dan pinus masing-masing adalah hutan jati di desa Jatipohon Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Purwodadi ($7^{\circ}35'14,7'' \text{LS}$; $110^{\circ}54'57,17'' \text{BT}$) dan hutan pinus desa Bromo, Karanganyar, KPH Surakarta ($7^{\circ}35'6,56'' \text{LS}$; $110^{\circ}54'34,26'' \text{BT}$) Jawa Tengah. Tinggi tempat masing-masing 20 dan 200 m dpl dengan jenis tanah vertisol dan ultisol. Pelaksanaan percobaan adalah bulan Nopember 2002-Februari 2003 (Karanganyar) dan Februari 2003-April 2003 (Purwodadi) yang bertepatan dengan musim penghujan dengan rerata curah hujan masing-masing $2260 \pm 531 \text{ mm tahun}^{-1}$ dan $1946 \pm 412 \text{ mm tahun}^{-1}$.

Kedua percobaan menggunakan rancangan acak kelompok petak terpisah (*split plot randomized block design*) dengan faktor pemangkasan pohon (dipangkas dan tidak) sebagai petak utama (*mainplot*) dan faktor varietas sebagai anak petak (*subplot*). Pemangkasan pohon dilakukan dengan memangkas tajuk pohon bagian bawah (50% tinggi tajuk) sehari sebelum penanaman kedelai. Varietas yang digunakan adalah varietas wilis, pangrango dan brawijaya, sehingga setiap percobaan terdapat 8 kombinasi perlakuan dengan empat ulangan. Jarak antar pohon jati adalah $2 \times 6 \text{ m}$ dan jarak antar pohon pinus $2 \times 3 \text{ m}$. Petak percobaan di bawah tegakan jati adalah $5 \times 2,4 \text{ m}$ sedangkan di bawah tegakan pinus adalah $2,8 \times 2,4 \text{ m}$. Jarak antar anak petak 30 cm, jarak antar petak utama 4 m.

Pengolahan tanah menggunakan cangkul dilakukan seminggu sebelum penanaman kedelai dan setelah tanah bersih dari gulma, diberi pupuk kandang sebanyak 3 ton ha^{-1} . Sebelum tanam, tanah disemprot herbisida pratumbuh berbahan aktif paraquat sebanyak 3 L ha^{-1} dan kemudian ditaburkan Furadan 3G sebanyak 16 kg ha^{-1} . Penanaman tanaman sela dengan membuat lubang tanam menggunakan tugal. Benih ditanam sebanyak 3 biji per lubang dengan jarak $40 \times 20 \text{ cm}$, seminggu setelah tanam diadakan penjarangan sehingga tinggal 2 tanaman per lubang ($125 \text{ 000 rumpun ha}^{-1}$). Pemupukan sebanyak 50 kg N , $50 \text{ kg P}_2\text{O}_5$ dan $25 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$ diberikan pada saat tanam yang disebar pada suatu alur sekitar 5 cm dari barisan tanaman kemudian ditutup dengan tanah.

Pengamatan cahaya tampak (PAR: *photosynthetic active radiation*) di setiap titik pengamatan yaitu di atas dan di bawah tajuk serta ditempat terbuka diluar sistem agroforestri secara bersamaan menggunakan tiga buah

Luxmeter Dx 100. Hasil pengamatan dengan Luxmeter dikalibrasi dengan Lightmeter LI-COR 191SB sehingga diperoleh satuan $\mu \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Setiap petak terdapat lima titik pengamatan cahaya, empat di bagian pinggir dan satu di tengah petak. Cahaya diamati bersamaan dengan pengambilan tanaman sampel.

Bagian vegetatif tanaman diamati menggunakan sampel yang diambil secara destruktif pada umur 20, 45 dan 70 hst meliputi berat kering (pengeringan menggunakan oven 110°C , 24 jam) akar, batang dan daun (BA, BB dan BD) serta luas daun. Luas daun sampel (S) diperoleh dengan mengukur tiga helai daun subsampel (LSS) dari setiap sampel menggunakan *leaf area meter* (LAM) CI-202 kemudian dioven dan setelah itu ditimbang (BSS). Maka luas daun sampel (S) = $(\text{BD}/\text{BSS}) \times \text{LSS}$. Selanjutnya luas daun dinyatakan dalam indeks luas daun (ILD) yaitu S dibagi jarak tanam. Selain itu S juga untuk menghitung luas daun spesifik (LDS) yang diperoleh dari S dibagi BD. Pengamatan fotosintesis menggunakan *Lci-portable photosynthesis system*, pengukuran klorofil menggunakan SPAD-Minolta *Chlorophyllmeter* dan kadar N daun menggunakan metode Kjehldal pada daun ketiga dari atas tanaman umur 45 hst. Komponen hasil untuk tanaman kedelai meliputi berat biji per dua tanaman atau per rumpun, jumlah polong, jumlah bintil akar dan jumlah cabang serta tinggi tanaman diamati saat panen (umur 85 hst).

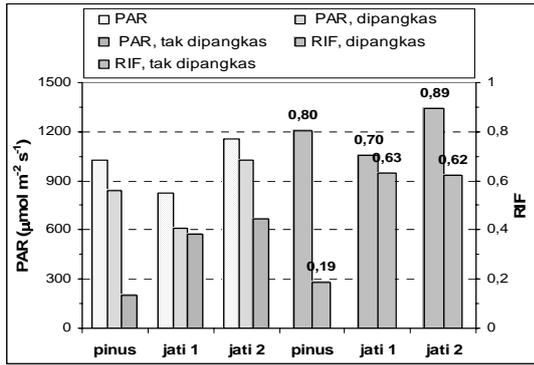
HASIL DAN PEMBAHASAN

Cahaya

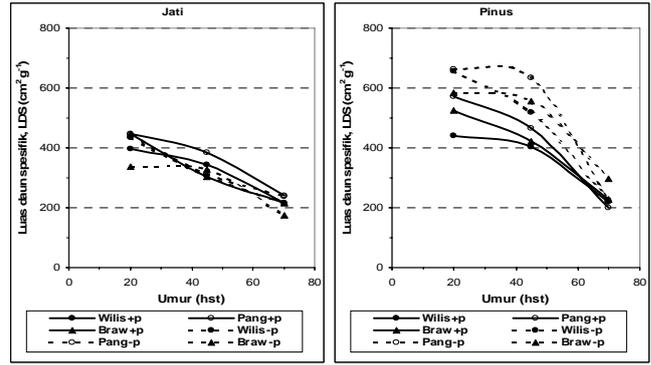
Perbedaan kuantitas cahaya di atas kanopi (tajuk) tanaman disebabkan oleh pemangkasan pohon dan umur tanaman. Pemangkasan kanopi pohon jati maupun pinus bagian bawah (50% tinggi tajuk) meningkatkan fraksi irradiasi relatif yang lolos dari tajuk pohon (*relatives irradiation fraction/RIF*). Irradiasi cahaya terukur di lokasi percobaan dari bulan Nopember 2002 hingga Pebruari 2003 dan dari bulan Pebruari hingga April 2003 berkisar antara $800-1200 \mu \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Pemangkasan kanopi pohon pinus meningkatkan RIF lebih besar dibandingkan dengan pohon jati. RIF pohon jati dipangkas meningkat menjadi 70-89% dari sekitar 63% sebelum tajuk dipangkas, sedangkan pada pohon pinus RIF meningkat menjadi 80% dari 19% sebelum tajuk dipangkas (Gambar 1). Cahaya lolos dari kanopi tanaman kedelai tidak proporsional dengan pemangkasan pohon. Cahaya yang diamati pada awal, pertengahan dan akhir pertumbuhan (70 hst) menunjukkan bahwa perbedaan cahaya yang lolos dari kanopi kedelai adalah karena perbedaan umur. Pada akhir pertumbuhan, penetrasi cahaya melalui kanopi kedelai semakin berkurang karena habitus bertambah besar (Gambar 2).

Laju fotosintesis

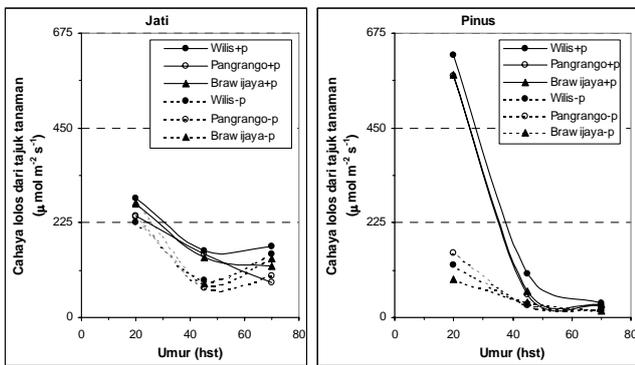
Di bawah tegakan jati laju fotosintesis mendekati $1,2 \mu \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pada irradiasi di sekitar $800 \mu \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Efisiensi quantum (Q) relatif rendah berkisar antara 0,02-0,04 $\mu \text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ foton dan dapat ditaksir melalui persamaan $Q=1,75/(340,74+\text{PAR})$, $R^2=0,38$ (Gambar 3A). Laju fotosintesis tanaman kedelai di bawah tegakan pinus sebesar $0,8 \mu \text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ pada irradiasi lebih dari $750 \mu \text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Efisiensi quantum juga rendah yaitu berkisar antara 0,03-0,09 $\mu \text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ foton. Semakin tinggi irradiasi semakin rendah efisiensi dan dapat ditaksir dengan persamaan $Q=0,83/(60,2+\text{PAR})$, $R^2=0,42$ (Gambar 3B).



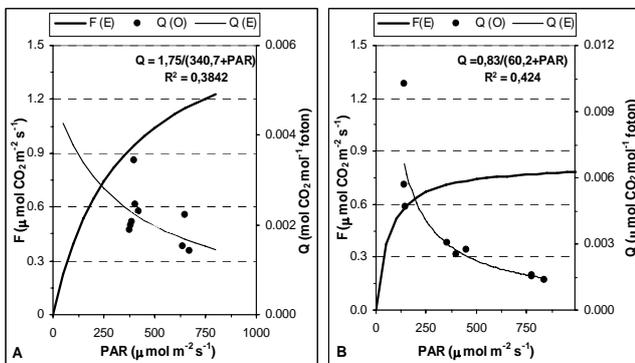
Gambar 1. PAR diluar dan di bawah tegakan serta RIF di bawah tegakan jati dan pinus dipangkas dan tidak.



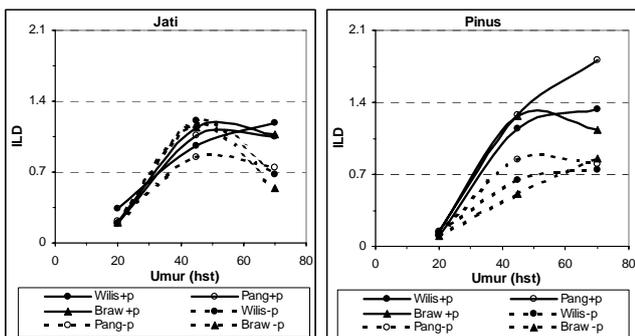
Gambar 5. Luas daun spesifik (LDS) tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus dipangkas (+p) dan tidak (-p).



Gambar 2. Cahaya lolos dari tajuk tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus dipangkas (+ p) dan tidak dipangkas (- p).



Gambar 3. Laju fotosintesis (F) dan efisiensi kuantum (Q) tanaman kedelai di bawah tegakan jati (A) dan pinus (B).



Gambar 4. Indeks luas daun (ILD) tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus dipangkas (+p) dan tidak (-p).

Tabel 1. Kadar N daun, khlorofil dan laju fotosintesis kedelai di bawah tegakan jati dan pinus

Agroforestri	Pemangkasan	N daun (mg g ⁻¹)	Khlorofil	Laju fotosintesis (μmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹)
Jati	pangkas	25,98	34,59	1,12b
	tidak	30,11	34,43	0,91a
Pinus	pangkas	35,67	36,70	1,04a
	tidak	36,15	33,41	1,26a

Keterangan: huruf sama pada lajur dan kolom sama tidak berbeda nyata (uji Duncan 0,95).

Tabel 2. Biomassa tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus

Umur (hst)	Pemangkasan	Biomassa (g rp ⁻¹) kedelai di bawah tegakan jati			Biomassa (g rp ⁻¹) kedelai di bawah tegakan pinus		
		Willis	Pang-rango	Brawijaya	Willis	Pang-rango	Brawijaya
20	Dengan	1,27a	0,87a	0,98a	0,60A	0,64A	0,62AS
	Tidak	1,00a	0,99a	1,15a	0,42A	0,41A	0,42A
45	Dengan	5,73bc	5,77bc	6,58bc	6,04AB	5,62AB	5,99AB
	Tidak	6,58bc	4,21ab	5,63bc	3,02A	2,83A	2,04A
70	Dengan	10,89de	8,48cd	8,79cd	14,30C	19,29D	11,48C
	Tidak	5,92bc	6,45bc	5,47bc	7,96B	7,71B	6,10AB

Keterangan: rp: rumpun, huruf sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata (uji Duncan 0,95).

Tabel 3. Hasil tanaman kedelai di bawah tegakan jati.

Pemangkasan	Hasil biji (g m ⁻²) kedelai di bawah tegakan jati			
	Willis	Pangrango	Brawijaya	rerata
Dengan	49,83	69,59	50,49	56,64b
Tidak	16,58	6,26	14,14	12,33a
Rerata varietas	33,21A	37,92B	32,31A	
Luar AF	131,32	161,16	89,04	

Keterangan: AF: agroforestri, huruf sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata, huruf besar menunjukkan beda antar varietas, huruf kecil menunjukkan beda antar pemangkasan (uji Duncan 0,95).

Tabel 4. Hasil tanaman kedelai di bawah tegakan pinus.

Pemangkasan	Hasil biji (g m ⁻²) kedelai di bawah tegakan pinus			
	Willis	Pangrango	Brawijaya	rerata
Dengan	189,74	194,57	137,29	173,87q
Tidak	88,36	83,62	63,45	78,47p
Rerata varietas	139,05Q	139,10Q	100,37P	
Luar AF	150,00	103,39	94,60	

Keterangan: AF: agroforestri, huruf sama dibelakang angka menunjukkan tidak berbeda nyata, huruf besar menunjukkan beda antar varietas, huruf kecil menunjukkan beda antar pemangkasan (uji Duncan 0,95).

Hubungan laju fotosintesis dengan enzim ribulose bifosfat karboksilase oksigenase (tercermin pada N daun) dan klorofil tidak konsisten dengan pemangkasan. Di bawah tegakan jati laju fotosintesis kedelai relatif lebih tinggi namun kadar N dan kadar klorofil tidak jauh berbeda. Keadaan di bawah tegakan pinus (pohon dipangkas maupun tidak) laju fotosintesis kedelai tidak jauh berbeda, demikian pula kadar N daun dan klorofil (Tabel 1).

Indeks luas daun

Perbedaan ILD di bawah tegakan jati berinteraksi antara pemangkasan, umur dan varietas tanaman. Pada varietas Wilis ILD meningkat seiring dengan peningkatan umur tanaman bila pohon dipangkas. Bila pohon tidak dipangkas ILD umur 70 hst lebih rendah daripada ILD umur 45 hst. Varietas Pangrango dan Brawijaya mencapai ILD maksimum pada umur 45 hst baik pohon dipangkas maupun tidak. Di bawah tegakan pinus pemangkasan pohon meningkatkan ILD tanaman kedelai. ILD varietas Wilis meningkat terus dari awal sampai akhir pertumbuhan di antara pohon dipangkas maupun tidak. Varietas Pangrango di antara pohon pinus dipangkas ILD terus meningkat sesuai dengan peningkatan umur, namun bila pohon tidak dipangkas ILD mencapai maksimum pada umur 45 hst. ILD varietas Brawijaya mencapai maksimum pada umur 45 hst bila pohon dipangkas sedangkan bila pohon tidak dipangkas ILD meningkat seiring dengan peningkatan umur (Gambar 4).

Luas daun spesifik

Pengaruh pemangkasan tajuk pohon jati terhadap LDS tanaman kedelai bervariasi di antara varietas dan umur. Ketiga varietas kedelai menunjukkan penurunan LDS seiring dengan peningkatan umur tanaman baik di bawah pohon dipangkas maupun tidak. LDS varietas Wilis hampir sama di bawah pohon dipangkas maupun tidak pada setiap tahap pertumbuhan. Pada varietas Pangrango perbedaan LDS hanya terjadi pada umur 45 hst (LDS tanaman lebih tinggi di bawah pohon dipangkas). LDS varietas Brawijaya lebih tinggi di bawah pohon dipangkas pada umur 20 dan 70 hst, sedangkan pada umur 45 hst tidak berbeda nyata. Di bawah tegakan pinus pemangkasan tajuk pohon meningkatkan LDS tanaman kedelai ketiga varietas pada umur 20 dan 45 hst. LDS tanaman turun dengan peningkatan umur (Gambar 5).

Biomassa dan hasil biji

Pemangkasan tajuk pohon jati meningkatkan biomassa tanaman kedelai, dan varietas Wilis menunjukkan tanggapan yang paling besar di antara dua varietas lain terutama pada umur 70 hst. Hal tersebut terjadi pula untuk tanaman kedelai di antara pohon pinus, tetapi perbedaan biomassa baru terjadi pada umur 70 hst. Penurunan bobot biomassa karena pohon tidak dipangkas paling besar terjadi pada varietas Pangrango (Tabel 2). Peningkatan biomassa karena pemangkasan tajuk pohon berimbas pada peningkatan hasil biji kedelai. Hasil varietas Pangrango lebih tinggi daripada varietas Wilis dan Brawijaya. Hasil biji tanaman kedelai di bawah tegakan jati dengan pohon dipangkas dan tidak dibandingkan dengan hasil biji ditempat terbuka turun sebesar 38,05% dan 87,37% pada Wilis, 56,82% dan 96,12% pada Pangrango, 43,30% dan 84,12% pada Brawijaya (Tabel 3). Di bawah tegakan pinus bila pohon tidak dipangkas hasil tanaman kedelai turun sebesar 53,43%, 57,02% dan 53,78% masing-masing untuk Wilis, Pangrango dan Brawijaya (Tabel 4).

Pembahasan

Cahaya memegang peranan penting dalam pertumbuhan tanaman disamping air dan unsur hara. Teknologi yang dapat digunakan sebagai upaya peningkatan kuantitas cahaya masih terbatas. Di bawah tegakan pohon kuantitas cahaya dapat ditingkatkan dengan memangkas sebagian tajuk pohon. RIF di bawah tegakan jati lebih besar daripada RIF di bawah tegakan pinus yaitu 63% ($600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) berbanding 19% ($200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) dengan tajuk tidak dipangkas. Bila tajuk dipangkas RIF di bawah tegakan jati menjadi 70-89% ($600-1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) sedangkan di bawah tegakan pinus menjadi 80% ($840 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Perbedaan RIF di bawah tegakan jati dan pinus berhubungan dengan perbedaan sifat pertumbuhan dan kepadatan tajuk yang tercermin pada lebar dan tinggi tajuk, jumlah cabang serta jarak antar pohon. Pohon jati termasuk tumbuhan tropofit yaitu meluruhkan daun atau meranggas di musim kemarau kemudian di awal musim penghujan bersemi kembali. Pada saat penelitian umur pohon jati dan pinus adalah 12 dan 8 tahun dengan jarak antar pohon 2 x 6 m dan 2 x 3 m. Lebar dan tinggi tajuk serta jumlah cabang pohon jati adalah $3,99 \pm 1,27$, $4,59 \pm 1,77$ dan $16,70 \pm 6,22$ sedangkan pinus adalah $2,77 \pm 0,42$, $1,8 \pm 0,41$ dan $27,6 \pm 7,90$ (Purnomo dan Sitompul, 2005).

Pemangkasan pohon (peningkatan RIF di bawah pohon) berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sela. Nilai PAR absolut di bawah tajuk tanaman sela sangat bervariasi tetapi nilai relatif menunjukkan bahwa tanaman di bawah tegakan pohon yang dipangkas meloloskan cahaya lebih rendah (berarti intersepsi cahaya oleh tanaman lebih besar). Saat pertumbuhan maksimum tanaman kedelai di bawah tegakan jati dan pinus dipangkas meloloskan cahaya sebesar 14-18% dan 9-13%, bila tidak dipangkas sebesar 22-30% dan 32-35%. Tinggi tanaman kedelai di bawah tegakan jati yang dipangkas 48,80 cm dan pohon tidak dipangkas 42,40 cm. Di bawah tegakan pinus tinggi tanaman kedelai sekitar 71,99-78,59 cm. Kecuali tinggi tanaman jumlah cabang juga menentukan cahaya yang diintersepsi tanaman. Baik di bawah tegakan jati maupun pinus tanaman kedelai di bawah tegakan pohon dipangkas mempunyai jumlah cabang yang lebih besar (12,40 bila pohon tidak dipangkas dan 18,80 bila pohon dipangkas). Percabangan tanaman berperan dalam intersepsi cahaya oleh tanaman (Wells *et al.*, 1993). Indeks luas daun antara satu sampai dengan 1,8 dengan tingkat intersepsi cahaya berkisar antara 60% hingga 80% berarti lebih rendah daripada prediksi intersepsi cahaya pada tanaman normal. Hubungan antara ILD dan intersepsi cahaya antara lain $ILD = 1, 3,3$ dan $4,3$ besar intersepsi cahaya masing-masing sekitar 50, 90 dan 95% (Sinclair dan Gardner, 1998).

Kisaran hubungan laju fotosintesis dengan PAR antara 0,2 hingga 0,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ baik di bawah tegakan jati maupun pinus. Efisiensi kuantitas berkisar pada 0,04 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ foton di bawah tegakan jati dan 0,09 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$ foton di bawah tegakan pinus pada PAR diatas 750 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dengan peranan cahaya agak rendah (koefisien determinasi sekitar 38-42%). Laju fiksasi CO_2 yang diamati pada tengah hari menunjukkan kecepatan yang rendah ($0,8 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), sepadan dengan laju fiksasi CO_2 pada kacang gude (*Cajanus cajan*) pada PAR 1000-1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Subramanian *et al.*, 1994). Laju fiksasi CO_2 sebesar itu masih jauh lebih rendah daripada yang pernah dicapai ($37 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Sitompul *et al.*, 2003). Efisiensi quantum sebesar 0,052 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ pada suhu 30°C, konsentrasi O_2 dan CO_2 masing-masing 21% dan 330 $\mu\text{L L}^{-1}$ (Boote dan Loomis, 1991). Di bawah

tegakan jati dan pinus cahaya yang diterima tanaman kedelai sekitar 600 dan 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bila pohon tidak dipangkas, 800-1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dan 200-800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ bila pohon dipangkas, berarti hanya sekitar 20-27% (jati) dan 7-20% (pinus) dari tingkat cahaya optimum untuk fotosintesis maksimum (Sitompul dan Guritno, 1995).

Fotosintesis berhubungan dengan kadar khlorofil dan N daun. Kadar khlorofil dan N daun tanaman di bawah pohon yang tidak dipangkas atau pada kondisi penerimaan cahaya yang lebih rendah dari pohon yang dipangkas tidak jauh berbeda. Hal ini seperti kadar khlorofil tanaman jagung yang juga tidak jauh berbeda antara di bawah tegakan pinus yang tidak dipangkas dan dipangkas 1/3 bagian bawah tajuk (Sitompul, 2003). Kandungan khlorofil berhubungan dengan LDS dan LDS tampak tidak konsisten pada tanaman kedelai mengakibatkan laju fotosintesis tidak konsisten (Thompson *et al.*, 1995). Laju fotosintesis yang tidak konsisten dengan kadar khlorofil dan N daun antar varietas kedelai menunjukkan perbedaan efisiensi fotosintesis.

Produksi biomassa dan bagian tanaman yang dipanen (biji) merupakan hasil fotosintesis. Tanaman di bawah pohon jati maupun pinus yang dipangkas (berarti menerima cahaya lebih besar) menghasilkan biomassa dan hasil biji lebih besar dari pada tanaman yang menerima cahaya lebih rendah. Tanaman yang menerima cahaya lebih besar oleh karena pemangkasan memiliki laju fotosintesis lebih tinggi. Tanaman kedelai di bawah tegakan jati tidak dipangkas penurunan bobot biomassa mencapai 54-76% (penurunan terbesar pada varietas Wilis) tidak berbeda jauh dengan di bawah tegakan pinus sebesar 40-56% (penurunan terbesar pada varietas Pangrango) dibanding jika pohon dipangkas. Penurunan bobot biomassa terbesar pada varietas Pangrango, sedangkan hasil tertinggi pada varietas Pangrango berarti varietas ini mempunyai kemampuan mengalokasikan fotosintat ke hasil panen yang lebih besar dari varietas yang lain.

KESIMPULAN

Pemangkasan 50% bagian bawah tajuk pohon meningkatkan penetrasi cahaya dari 63% atau 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ menjadi 70-89% atau 600-1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (jati) dan dari 19% atau 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ menjadi 80% atau 840 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (pinus). Peningkatan penetrasi cahaya oleh karena pohon dipangkas meningkatkan laju fotosintesis, luas daun spesifik dan bobot biomassa serta hasil tanaman kedelai (peningkatan pada sistem agroforestri berbasis jati lebih besar daripada pinus). Hasil biji tanaman kedelai meningkat dari 12,33 g m^{-2} setara 0,12 ton ha^{-1} (pohon jati tidak dipangkas) menjadi sebesar 56,64 g m^{-2} setara 0,57 ton ha^{-1} (pohon jati dipangkas) dan dari 78,47 g m^{-2} setara 0,78 ton ha^{-1} (pohon pinus tidak dipangkas) menjadi 173,87 g m^{-2}

setara 1,74 ton ha^{-1} (pohon pinus dipangkas). Varietas Pangrango merupakan varietas dengan daya hasil lebih tinggi dari varietas yang lain di bawah tegakan jati maupun pinus. Varietas Wilis, Pangrango dan Brawijaya masing-masing menghasilkan biji 0,5, 0,7 dan 0,5 ton ha^{-1} (jati dipangkas) dan 1,9, 1,95, dan 1,4 ton ha^{-1} (pinus dipangkas).

DAFTAR PUSTAKA

- Boote, K.J. and R.S. Loomis. 1991. The prediction of canopy assimilation. In: Boote, K.J. and R.S. Loomis (eds). *Modelling Crop Photosynthesis from Biochemistry to Canopy*. CSSA Special Pub. No. 19. Wisconsin: CSSA.
- Braconnier, S. 1998. Maize-coconut intercropping: effects of shade and root competition on maize growth and yield. *Agronomie* 18: 373-382.
- Carlson, D.H., S.H. Sharrow, W.H. Emmington, and D.P. Lavender. 1994. Plant-soil-water relations in forestry and silvopastoral system in Oregon. *Agroforestry System* 25:1-12.
- Hairiah, K. 2001. Agroforestri di Indonesia: manfaat dan permasalahannya. *Lokakarya Lingkup Penelitian Agronomi*. P.S. Agronomi. Faperta Unibraw. Malang, 25 Agustus 2001.
- Hairiah, K. dan S.R. Utami. 2003. Agroforestri: tawaran menuju pertanian sehat. Dalam: Sabarnudin, M.S., S. Hardiwinoto, S. Danarto, dan P. Suyanto (ed.). *Prosiding Seminar Nasional Agroforestri*. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan UGM.
- Huxley, P. 1996. Biological factors affecting form and function in woody-non-woody plant mixtures. In: Ong, C.K. and P. Huxley (eds). *Tree Crop Interaction, Physiological Approach*. Nairobi: CAB International.
- Huxley, P. 1999. *Tropical Agroforestry*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Ong, C.K., S.R. Black, F.M. Marshall, and J.E. Corlett. 1996. Principle of resource capture and utilization of light and water. In: Ong, C.K. and P. Huxley (ed.). *Tree Crop Interaction, Physiological Approach*. Nairobi: CAB International.
- Perhutani Unit I. 2000. Pedoman Pelaksanaan Perhutanan Sosial. Perhutani Unit I Jawa Tengah. Semarang: Perhutani Unit I Jawa Tengah.
- Purnomo, D. 2004. *Peningkatan Fungsi Agronomi Sistem Agroforestri Jati, Pinus dengan Jagung dan Kedelai Berdasar Acuan Energi Radiasi*. [Disertasi]. Malang: Universitas Brawijaya.
- Purnomo, D. dan S.M. Sitompul. 2005. Evaluasi potensi dan kendala pengembangan sistem agroforestri di Jawa Tengah. *Habitat* 4 (3):197-207.
- Retnaningtyas, P. 2003. *Fungsi Agronomi Sistem Agroforestri Pinus dan Kedelai Melalui Pemangkasan Pohon dan Pemupukan Nitrogen*. [Skripsi]. Malang: Faperta, Universitas Brawijaya.
- Sinclair, T.R. and F.P. Gardner. 1998. Environmental limits to plant production. In: Sinclair, T.R. and F.P. Gardner (eds.). *Principles of Ecology in Plant Production*. Cambridge: CAB International.
- Sitompul, S.M. 2003. *Fungsi Agronomi dan Ekologi Sistem Agroforestri Pinus Dengan Kedelai dan Jagung Sebagai Area Resapan Air (ARA): Transformasi Energi Radiasi dan Presipitasi*. [Laporan Penelitian]. Malang: Program Due Like, Ps Agronomi, Fakultas Pertanian, Unibraw.
- Sitompul, S.M. dan B. Guritno. 1995. *Analisis Pertumbuhan Tanaman*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sitompul, S.M., A. Wahyudi, dan H. Dwipayana. 2003. Penyediaan nitrogen pada tanaman kedelai dalam sistem agroforestri dengan pinus. *Agrivita* 25 (3): 179-191.
- Subramanian, V.B., S. Venkaterwarlu, M. Maheswari, and G.R.M. Sankar. 1994. Relationship of solar radiation and vapour pressure deficit with photosynthesis and water relations in dry-land pigeon pea. *Tropical Agriculture of Trinidad* 71 (2): 106-109.
- Thompson, J.A., R.L. Nelson, and L.E. Schweitzer. 1995. Relationships among specific leaf weight, photosynthetic rate, and seed yield in soybean. *Crop Science* 35: 1575-1581.
- Wells, R., W.B. Burton, and T.C. Kilen. 1993. Soybean growth and light interception: response to differing leaf and stem morphology. *Crop Science* 33:520-524.