

**PERTUMBUHAN DAN HASIL JAGUNG (*Zea mays* L.), KACANG TANAH (*Arachis hypogaea* L.), DAN JAHE (*Zingiber officinale* var. *officinale*) PADA SISTEM AGROFORESTRI JATI DI ZONA LEDOK WONOSARI, GUNUNG KIDUL**

**THE GROWTH AND YIELD OF CORN (*Zea mays* L.), PEANUT (*Arachis hypogaea* L.) AND GINGER (*Zingiber officinale* var. *officinale*) IN THE TEAK AGROFORESTRY SYSTEM AT LEDOK WONOSARI ZONE, GUNUNG KIDUL**

**Kiswanto<sup>1</sup>, Didik Indradewa<sup>2</sup>, dan Eka Tarwaca Susila Putra<sup>2</sup>**

**ABSTRACT**

*The research was conducted to determine the growth and yield of corn, peanuts, and ginger in the various development levels of teak based agroforestry system. The experiment was arranged in a randomized complete block design (RCBD) single factor with three blocks as replication. The factor was development levels of teak based agroforestry system, namely early, middle and advanced. Observations were done on the growth and yield variables of corn, peanut and ginger. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) at 5% level, and continued with the Duncan Multiple Range Test (DMRT) if there were significant differences among the treatments. The result showed that development levels of teak have effect on the growth and yield of some additional crops in the agroforestry system. In the early stage of teak based agroforestry system, corn has higher growth and yields when compared to middle and advanced stages. However, peanut has similar growth and yields when planted in the early and middle stages of teak based agroforestry system. Meanwhile, in the advanced stage of teak based agroforestry system, peanut has the lower growth and yields when compared to the early and middle stages. In contrast with corn and peanuts, ginger has the highest growth and yield in the middle stage of teak based agroforestry system. Based on the result above, crops were recommended to insert in the early stage of teak based agroforestry system were corn and peanuts (as food and ruminants feed). The better additional crop for middle stage of teak based agroforestry system was ginger as herbal material. Meanwhile, advanced stage of teak based agroforestry system has the potential as ruminants feed materials if the corn and peanuts were added inside the system.*

**Keywords:** *agroforestry, corn, peanuts, ginger*

**INTISARI**

Penelitian telah dijalankan untuk menentukan pertumbuhan dan hasil jagung, kacang tanah, serta jahe pada beberapa tingkat perkembangan sistem agroforestri berbasis jati. Penelitian disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan tiga blok sebagai ulangan. Faktor tunggal berupa tingkat perkembangan sistem agroforestri berbasis jati yaitu fase awal, tengah dan lanjut. Pengamatan dilakukan terhadap variabel pertumbuhan dan hasil jagung, kacang tanah serta jahe. Data yang diperoleh dianalisis Varians (ANOVA) pada level 5%, dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan jika terdapat beda nyata antar perlakuan. Hasil penelitian memberikan informasi bahwa tingkat perkembangan tegakan jati berpengaruh terhadap pertumbuhan

---

<sup>1</sup>Alumni Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Gadjah Mada, Yogyakarta

dan hasil tanaman sela. Jagung pada agroforestri fase awal memiliki pertumbuhan dan hasil yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan fase tengah dan lanjut. Namun, kacang tanah memiliki pertumbuhan dan hasil yang sama bila ditanam pada agroforestri fase awal dan tengah. Sementara itu, pada agroforestri fase lanjut kacang tanah memiliki pertumbuhan dan hasil yang rendah dibandingkan dengan agroforestri fase awal dan tengah. Berbeda dengan jagung dan kacang tanah, jahe memiliki pertumbuhan dan hasil tertinggi pada agroforestri fase tengah. Oleh karena itu, tanaman yang direkomendasikan untuk agroforestri berbasis jati fase awal adalah jagung dan kacang tanah (sebagai sumber pangan dan pakan ternak ruminansia). Pada agroforestri fase tengah dapat ditanami jahe sebagai bahan herbal. Sementara itu, agroforestri fase lanjut memiliki potensi sebagai sumber pakan ternak ruminansia apabila di bawah tegakan jati ditanami jagung maupun kacang tanah.

**Kata kunci:** agroforestri, jagung, kacang tanah, jahe

## **PENDAHULUAN**

Kabupaten Gunung Kidul berdasarkan topografi dan keadaan lahannya terbagi atas 3 zonasi yaitu Batur Agung, Ledok Wonosari dan Pegunungan Seribu. Desa Gari kecamatan Wonosari sebagai lokasi penelitian masuk pada zona Ledok Wonosari. Menurut Sinseng (2002) zona Ledok Wonosari merupakan daerah yang memiliki sumber air tanah dan sungai yang akan mengalami kekeringan dimusim kemarau. Kondisi dan iklim yang tidak mendukung tersebut menjadi permasalahan utama oleh masyarakat setempat dalam memenuhi kebutuhan pangan dan pakan ternak. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi masyarakat berlahan kering adalah dengan meningkatkan produktivitas lahan dengan sistem agroforestri (Albert 1993).

Berdasarkan struktur dan komponen penyusunnya, agroforestri dapat dibedakan menjadi tiga fase yaitu (Suryanto, 2005) : (a) agroforestri awal, merupakan model agroforestri dengan ruang horisontal untuk tanaman semusim lebih dari 50 %, (b) agroforestri pertengahan, merupakan model agroforestri yang mengarah pada pengurangan bidang olah seiring dengan waktu, sehingga luasan bidang olah menjadi 25-50%, dan (c) agroforestri lanjut, merupakan proses lanjutan dari agroforestri pertengahan sehingga modelnya tergantung pada jenis pengkayaan, apabila jenis sedangkan kalau menggunakan jenis pohon maka akan mengarah pada *full tress* atau yang dikenal dengan hutan rakyat.

Hasil panen yang baik dalam sistem agroforestri dapat dicapai melalui pemilihan jenis tanaman semusim yang paling sesuai di bawah tegakan pohon untuk setiap fase perkembangan agroforestri. Agroforestri berbasis jati yang umum ditemukan di daerah Gari, Wonosari, Kabupaten Gunung Kidul mempunyai fase perkembangan yang berbeda-beda. Pertumbuhan serta perkembangan jati maupun tanaman semusim akan maksimal apabila faktor lingkungan yang diperlukan seperti cahaya matahari, air, nutrisi, CO<sub>2</sub>, dan ruang tumbuh tersedia secara optimal. Penelitian ini diharapkan mampu menemukan kombinasi tanaman yang ideal pada setiap fase perkembangan agroforestri berbasis jati untuk meningkatkan produktifitas tanaman semusim yang ditanam oleh petani.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilaksanakan di lahan agroforestri di desa Gari zona Ledok Wonosari, Gunung Kidul, Yogyakarta pada bulan Oktober 2011 hingga bulan Februari 2012. Bahan yang digunakan antara lain benih jagung Bisi 2, benih kacang tanah varietas Kelinci, bibit jahe Gajah, pupuk kandang, pupuk urea, pupuk SP-36, pupuk KCL, dan pestisida. Peralatan yang diperlukan antara lain cangkul, sabit, plakat/label, meteran, oven, timbangan, *luxmeter*, *termometer*, *hygrometer*, dan *photosynthesis analyzer*.

Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) satu faktor yaitu fase perkembangan agroforestri dengan 3 blok sebagai ulangan. Fase perkembangan agroforestri tersebut adalah fase awal, tengah, dan lanjut. Terdapat 3 jenis tanaman yaitu jagung, kacang tanah, dan jahe yang akan dikaji pertumbuhan dan hasilnya sebagai tanaman sela di masing-masing fase perkembangan agroforestri. Selanjutnya akan dibandingkan pertumbuhan dan hasil dari jagung, kacang tanah, dan jahe yang ditanam di agroforestri fase awal, tengah, dan lanjut. Masing-masing perlakuan disetiap ulangan menggunakan sebuah petak percobaan, sehingga secara keseluruhan terdapat 27 petak percobaan. Ukuran petak percobaan perlakuan adalah 6 m x 10 m. Data yang diperoleh dianalisis varian (ANOVA) 5 %, apabila ada beda nyata dilanjutkan dengan uji DMRT.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pertumbuhan tanaman semusim di bawah tegakan jati berbeda dengan pertumbuhan tanaman tersebut dalam sistem monokultur. Aktivitas fisiologi,

pertumbuhan, perkembangan, dan hasil tanaman semusim di bawah tegakan jati bervariasi tergantung pada ketersediaan cahaya, nutrisi, air, dan ruang tumbuh. Ketersediaan berbagai macam sumberdaya lingkungan tersebut ditentukan oleh tahap perkembangan agroforestri.

**Tabel 1. Analisis tanah sebelum penelitian**

No	Keterangan	Nilai per Jeluk (cm)			Rata-rata	Kriteria
		0-10	10-20	20-30		
1	pH tanah	7,51	7,42	7,37	7,43	Netral
2	N total (%)	0,12	0,11	0,09	0,11	Rendah
3	P tersedia (ppm)	2,15	7,01	4,69	4,62	Rendah
4	K tersedia (me/100gr)	0,21	0,13	0,11	0,15	Rendah
5	Ca tersedia (me/100gr)	14,13	14,65	13,84	14,21	Tinggi
6	Mg tersedia (me/100gr)	2,56	2,88	3,02	2,82	Sedang
7	Kadar lengas tanah 0,5mm (%)	9,40	11,60	14,17	11,72	
	Kadar lengas tanah 2mm (%)	9,66	12,18	15,28	12,37	

**Tabel 2. Analisis tekstur tanah sebelum penelitian**

Jeluk (cm)	Tekstur			Kelas
	Lempung (%)	Debu (%)	Pasir (%)	
0-10	59,02	16,51	24,47	Lempung
10-20	71,93	19,72	8,35	Lempung berat
20-30	62,64	17,43	19,93	Lempung berat
Rata-rata	64,53	17,89	17,58	

Lahan penelitian memiliki pH tanah berkisar antara 7,37-7,51, menunjukkan pH tanah tersebut netral. Kandungan N total berkisar antara 0,09%-0,12% yang dikategorikan rendah. Nitrogen merupakan unsur yang paling membatasi pertumbuhan tanaman. P tersedia berkisar antara 2,15 ppm-7,01 ppm yang dikategorikan rendah, begitu juga dengan K tersedia dikategorikan rendah. Mg tersedia tergolong sedang yaitu berkisar antara 2,56 me/100gr – 3,02 me/100g, sedangkan Ca tersedia dikategorikan tinggi yaitu berkisar antara 13,84 me/100g – 14,65 me/100g. Untuk kadar lengas berkisar antara 11,72%-12,37%. Berdasarkan data yang diperoleh dapat dinyatakan bahwa tanah di desa Gari, Wonosari, Gunung Kidul yang digunakan dalam penelitian ini termasuk kategori kurang subur karena kandungan N, P, dan K tergolong rendah, Mg tergolong sedang namun pH tergolong netral dan Ca tergolong tinggi. Unsur N, P, dan K sangat dibutuhkan tanaman dalam proses pertumbuhannya. Untuk mendapatkan hasil yang optimal perlu adanya pemupukan yang berimbang agar dapat

memenuhi kebutuhan unsur hara tersebut. Tabel 2 menunjukkan tekstur tanah sebelum penelitian terdiri dari fraksi lempung berkisar antara 59,02%-71,93%, fraksi debu 16,51% - 19,72%, dan fraksi pasir 8,35% - 24,47%. Tanah tersebut dapat dikategorikan tanah grumosol yakni memiliki lempung > 30%.

Pertumbuhan dan produksi tanaman ditentukan oleh proses fisiologis yang berlangsung di dalamnya. Menurut Muhadjir (1988) proses fisiologis dipengaruhi oleh faktor-faktor iklim seperti radiasi matahari, suhu, curah hujan, serta kelembaban udara. Dengan demikian hasil produksi tanaman mutlak merupakan konversi energi radiasi matahari, air, dan hara dalam tanah ke dalam produk akhir.

**Tabel 3. Intensitas cahaya (fc), kelembaban udara (%), dan suhu (°C)**

Fase Agrof.	Intensitas Cahaya (fc)		
	Pagi	Siang	Sore
Awal	38184,44 a	44127,78 a	20692,78 a
Tengah	20562,22 b	31458,89 b	7299,72 b
Lanjut	8242,78 c	8349,50 c	4365,50 c
CV	3,02%	7,08%	3,26%
Fase Agrof.	Kelembaban (%)		
	Pagi	Siang	Sore
Awal	62,44 c	54,83 b	66,78 a
Tengah	68,44 b	58,22 a	65,94 c
Lanjut	70,11 a	58,17 a	66,39 b
CV	0,66%	0,42%	0,08%
Fase Agrof.	Suhu (°C)		
	Pagi	Siang	Sore
Awal	32,51 a	34,59 a	31,29 c
Tengah	31,18 b	33,34 b	31,58 b
Lanjut	30,08 c	32,99 c	31,73 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Intensitas cahaya harian di lokasi penelitian berkisar antara 4.365,50 fc - 44.127,78 fc, kelembaban udara berkisar antara 54,83%-70,11%, dan suhu berkisar 28,00°C-34,59°C. Seiring perkembangan tanjak tegakan jati menyebabkan intensitas cahaya yang sampai pada tanaman sela di bawahnya akan berkurang. Pada agroforestri fase awal kisaran intensitas cahaya berada pada batas optimal untuk pertumbuhan tanaman sela yaitu jagung, kacang tanah, dan jahe. Agroforestri fase tengah kisaran suhu udara berada pada batas

optimal untuk pertumbuhan kacang tanah dan jahe, dimana suhu udara optimum untuk jahe 20°-35°C. Sedangkan agroklimat pada agroforestri fase lanjut tidak mendukung pertumbuhan tanaman sela. Perlu adanya pemilihan tanaman sela yang tepat untuk meningkatkan produktivitas lahan dan kesejahteraan petani.

Kemampuan tanaman untuk tumbuh dan berkembang secara optimal saat pertumbuhan vegetatif menjadi salah satu indikator keberhasilan dalam menunjukkan potensi produksinya yang merupakan hasil interaksi antara faktor genetik dan faktor lingkungan. Fase vegetatif terjadi dengan ditandai pertumbuhan daun, akar, dan batang. Fase ini berhubungan dengan 3 proses penting (Harjadi 1979) yaitu pembelahan sel, perpanjangan sel, dan tahap pertama dari diferensiasi.

**Tabel 4. Kadar air nisbi (%), aktivitas nitrat reduktase ( $\mu\text{mol NO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1}$ ), klorofil a, klorofil b, klorofil total ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), indeks luas daun umur 8 mst, dan laju transpirasi ( $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) tanaman jagung umur 9 mst.**

Fase Agrof.	KAN	Laju Transpirasi	ANR	Klorofil a	Klorofil b	Rasio klorofil a/b	ILD
Awal	67,52 a	3,67 ab	1,112 b	0,486 a	0,671 a	0,724 a	3,036 a
Tengah	59,23 b	5,09 a	1,532 a	0,502 a	0,669 a	0,750 a	1,328 b
Lanjut	55,04 b	2,79 b	0,622 c	0,395 b	0,516 b	0,766 a	0,726 b
CV	3,15%	16,40%	15,75%	4,46%	2,70%	4,73%	17,21%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%.

Kadar air nisbi tanaman jagung pada umur 8 mst mengalami penurunan yang signifikan seiring dengan perkembangan tajuk tegakkan jati. Tanaman jagung pada sistem agroforestri fase awal memiliki kemampuan menyerap air di dalam tanah secara optimal. Agroforestri fase awal mendapatkan radiasi sinar matahari yang tinggi dan mengakibatkan suhu udara tinggi jika dibandingkan dengan agroforestri fase tengah dan lanjut (Tabel 3). Kondisi suhu udara yang tinggi akan menyebabkan laju transpirasi tinggi karena stomata membuka dan penyerapan air akan maksimal.

Menurut Lakitan (2008) transpirasi diartikan sebagai proses kehilangan air dalam bentuk uap dari jaringan tumbuhan melalui stomata. Transpirasi bagi tanaman berguna untuk mempercepat laju pengangkutan unsur hara melalui pembuluh xilem, menjaga turgiditas sel tumbuhan agar tetap pada kondisi

optimal, dan sebagai salah satu cara untuk menjaga stabilitas suhu daun. Laju transpirasi tanaman jagung umur 9 mst pada agroforestri fase tengah menunjukkan yang tertinggi jika dibandingkan dengan agroforestri fase awal dan lanjut. Tanaman jagung umur 9 mst pada agroforestri fase tengah memiliki konduktivitas stomata tertinggi (Tabel 5). Konduktivitas stomata yang tinggi mengakibatkan laju transpirasi semakin tinggi, meskipun kadar air nisbi tertinggi pada agroforestri fase awal.

Analisis nitrat reduktase pada agroforestri fase tengah memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan dengan agroforestri fase awal dan lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman jagung varietas Bisi-2 mampu mereduksi nitrat menjadi nitrit pada sistem agroforestri fase tengah dengan baik. Akumulasi nitrit meningkatkan sintesis asam amino. Peningkatan sintesis asam amino akan diikuti oleh pembentukan dan perluasan daun serta sintesis klorofil. Menurut Lehninger (1978) klorofil merupakan pigmen penangkap cahaya yang terdapat di dalam membran tilakoid. Klorofil adalah molekul kompleks  $Mg^{2+}$  yang menyerupai protoporfirin hemoglobin. Terdapat dua jenis klorofil, yaitu klorofil a dan b. Menurut Hidema *et al.* (1992), klorofil b berfungsi sebagai antena fotosintetik yang mengumpulkan cahaya. Salah satu bentuk adaptasi secara fisiologis tanaman terhadap penyinaran rendah adalah dengan penurunan rasio klorofil a/b melalui peningkatan klorofil b. Meningkatnya klorofil b berdampak positif terhadap efektivitas penyerapan energi radiasi pada kondisi yang ternaungi (Sirait 2008). Klorofil b dalam daun jagung tidak meningkat sejalan dengan penurunan intensitas cahaya. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman jagung tidak adaptif pada penurunan intensitas cahaya matahari.

Indeks luas daun merupakan rasio luas daun per satuan luas lahan. Indeks luas daun dipengaruhi perkembangan agroforestri tegakan jati. Semakin lanjut fase tegakan, semakin rendah indeks luas daun dan sebaliknya. Menurut hasil penelitian, apabila indeks luas daun jagung lebih besar dari 3,0 maka 95% sinar matahari di serap, dan apabila lebih besar dari 5,0 maka penyerapannya menurun karena daun saling menutupi. Pada agroforestri fase awal menunjukkan nilai indeks luas daun lebih dari 3, sehingga tanaman jagung pada agroforestri fase awal termasuk baik atau optimal karena dengan nilai indeks luas daun yang optimal tanaman jagung akan mampu menyerap cahaya matahari dengan baik. Pada agroforestri fase tengah indeks luas daun semakin rendah dan pada fase

lanjut menunjukkan yang terendah. Hal ini akan berdampak pada penurunan laju fotosintesis, laju asimilasi bersih dan laju pertumbuhan tanaman jagung.

Fotosintesis akan menghasilkan asimilat yang terakumulasi menjadi berat kering tanaman. Berat kering merupakan bagian dari efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia selama musim penanaman. Berat kering yang meningkat menunjukkan peningkatan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari oleh tajuk, sehingga asimilat yang dihasilkan akan meningkat (Gardner *et al* 1991).

**Tabel 5. Konduktivitas stomata ( $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), laju fotosintesis ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 9 mst, laju asimilasi bersih ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{minggu}^{-1}$ ), laju pertumbuhan tanaman ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{minggu}^{-1}$ ), berat kering daun (g), berat kering batang (g), dan berat kering akar (g) tanaman jagung 8 mst.**

Fase Agrof.	Konduk. stomata	Laju fotosintesis <sup>1</sup>	LAB	LPT <sup>1</sup>	BK daun <sup>2</sup>	BK batang <sup>2</sup>	BK akar <sup>2</sup>
Awal	0,23 a	188,08 a	0,661 a	111,59 a	27,37 a	50,10 a	9,10 a
Tengah	0,35 a	149,33 a	0,398 b	26,22 b	9,35 b	11,11 b	1,39 b
Lanjut	0,22 a	101,62 a	0,271 b	9,94 c	4,48 c	3,99 b	0,67 b
CV	28,66%	5,96%	21,52%	9,26%	13,19%	22,51%	24,83%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>1</sup> data ditransformasi dalam bentuk log (x) terlebih dahulu sebelum dianalisis; <sup>2</sup> data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Konduktivitas stomata merupakan kemampuan stomata untuk menyalurkan gas persatuan waktu. Konduktivitas stomata pada agroforestri tidak terdapat beda nyata pada ketiga fase agroforestri, namun pada agroforestri fase tengah memiliki nilai paling tinggi. Laju fotosintesis pada agroforestri fase awal menunjukkan nilai yang tertinggi dan mengalami penurunan pada fase tengah serta terendah di fase lanjut, meskipun secara statistik tidak menunjukkan beda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa laju fotosintesis tanaman jagung menurun seiring dengan penurunan intensitas cahaya matahari dan sebaliknya (Tabel 3). Jagung merupakan tanaman C4 dimana fotosintesis tanaman C4 semakin efektif pada intensitas cahaya matahari yang semakin tinggi. Bahkan pada kisaran intensitas cahaya matahari dimana bagi tanaman C3 misalnya tanaman kacang tanah telah mencapai titik jenuh, pada tanaman C4 justru masih mengalami peningkatan yang signifikan. Kenyataan ini menunjukkan bahwa tanaman jagung

dapat tumbuh dengan baik pada daerah terbuka dengan tingkat intensitas cahaya yang tinggi.

Laju asimilasi bersih adalah kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan luas daun tiap satuan waktu. Laju asimilasi bersih dipengaruhi oleh jumlah radiasi matahari, kemampuan daun untuk berfotosintesis, indeks luas daun, distribusi cahaya, dan jumlah respirasi tanaman. Laju asimilasi bersih pada agroforestri fase awal menunjukkan beda nyata dengan fase tengah dan lanjut, namun tidak terdapat beda nyata antara fase tengah dengan fase lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa pada lahan terbuka jagung memiliki tingkat laju asimilasi bersih yang paling tinggi dan mengalami penurunan seiring dengan penurunan indeks luas daun (Tabel 4).

Laju pertumbuhan tanaman adalah kemampuan tanaman menghasilkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan luas lahan tiap satuan waktu. Tabel 5 menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tanaman jagung berbeda nyata antara sistem agroforestri fase awal, tengah, dan lanjut. Laju pertumbuhan tanaman jagung pada agroforestri fase awal menunjukkan yang tertinggi, disusul dengan sistem agroforestri fase tengah dan lanjut. Laju asimilasi bersih naik maka laju pertumbuhan tanaman akan naik dan sebaliknya. Hal ini menunjukkan bahwa bahan kering hasil asimilasi tiap satuan luas daun tiap satuan waktu akan meningkatkan bahan kering hasil asimilasi tiap satuan luas lahan tiap satuan waktu. Menurut Lakitan (2008) hasil fotosintat pada daun dan sel-sel fotosintetik lainnya harus diangkut ke organ atau jaringan lain agar dapat dimanfaatkan oleh organ atau jaringan tersebut untuk pertumbuhan atau ditimbun sebagai bahan cadangan. Telah diketahui sejak lama bahwa hasil fotosintesis diangkut dari daun ke organ-organ lain seperti akar, batang, dan organ reproduktif melalui pembuluh floem. Berat kering daun, batang, dan akar tertinggi pada agroforestri fase awal dan terendah pada agroforestri fase lanjut.

Indeks panen menunjukkan perbandingan distribusi hasil asimilasi antara biomassa ekonomi dengan biomassa secara keseluruhan. Pada agroforestri fase tengah menunjukkan indeks panen yang tertinggi, namun secara statistik tidak menunjukkan beda nyata dengan fase awal. Akar dan tajuk tanaman jagung mempunyai fungsi sebagai sumber, sedangkan hasil yang berupa tongkol dan biji sebagai lubuk. Tajuk sebagai sumber yang menghasilkan fotosintat dan tongkol sebagai pengguna fotosintat. Besar kecilnya lubuk yang dihasilkan

tanaman akan sangat bergantung pada besar kecilnya sumber. Semakin besar sumber maka akan menghasilkan lubuk yang besar pula. Hal ini dapat dilihat bahwa tanaman jagung pada agroforestri fase awal memiliki sumber yang paling besar dan menghasilkan tongkol yang besar pula jika dibandingkan dengan fase tengah dan lanjut baik dari segi panjang dan diameter tongkol.

**Tabel 6. Indeks panen, jumlah tongkol, diameter tongkol (cm), panjang tongkol (cm), total biji, berat kering pipil per ha (ton), dan hijauan per ha (ton)**

Fase Agrof.	Indeks panen	Diameter tongkol <sup>2</sup>	Panjang tongkol <sup>2</sup>	Total biji	100 biji	BK pipil/ha	Hijauan/ha
Awal	0,45 a	4,01 a	16,70 a	425,73 a	24,18 a	5,725 a	17,667 a
Tengah	0,46 a	3,26 a	9,73 b	185,87 b	19,26 b	2,018 b	6,696 b
Lanjut	0,24 b	1,97 b	5,93 b	59,87 c	17,33 b	0,380 c	2,317 c
CV	22,94%	14,56%	18,12%	21,35%	6,15%	4,90%	7,24%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>2</sup>data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Limbah jagung yang terdiri dari daun dan batang setelah panen dapat dijadikan sebagai sumber makanan ternak ruminansia. Seluruh tanaman dapat diberikan kepada ternak ruminansia manakala jagung tidak bisa dipanen, seperti halnya pada agroforestri fase lanjut yang sedikit menghasilkann biji (Tabel 6).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perkembangan tajuk tegakan jati mempengaruhi perkembangan vegetatif dan generatif tanaman kacang tanah. Diduga bahwa pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah dipengaruhi oleh faktor agroklimat, terutama intensitas cahaya matahari selain adanya kompetisi dengan tegakan jati. Tegakan jati yang semakin rimbun menyebabkan penerusan intensitas cahaya matahari dan suhu semakin kecil serta kelembaban udara semakin tinggi yang diterima oleh bidang olah tanah di bawahnya (Tabel 3).

Kadar air nisbi tanaman kacang tanah tidak terdapat beda nyata antara agroforestri fase awal, tengah, dan lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa proses penyerapan air oleh tanaman kacang tanah sama besarnya disetiap sistem agroforestri baik fase awal, tengah, maupun lanjut. Namun, laju transpirasi tertinggi terjadi pada agroforestri fase tengah. Hal ini dikarenakan konduktivitas

stomata tanaman kacang tanah pada agroforestri fase tengah menunjukkan paling tinggi jika dibandingkan dengan agroforestri fase awal dan lanjut (Tabel 8).

**Tabel 7. Kadar air nisbi (%), aktivitas nitrat reduktase ( $\mu\text{mol NO}_2\text{.g}^{-1}\text{.jam}^{-1}$ ), klorofil a, klorofil b, klorofil total ( $\text{mg.g}^{-1}$ ), indeks luas daun 8 mst, dan laju transpirasi ( $\text{mmol H}_2\text{O.m}^{-2}\text{.s}^{-1}$ ) tanaman kacang tanah 9 mst.**

Fase Agrof.	KAN	Laju Transpirasi <sup>2</sup>	ANR	Klorofil a	Klorofil b	Rasio klorofil a/b	ILD
Awal	66,82 a	4,61 a	0,710 a	0,372 a	0,410 a	0,963 a	2,045 a
Tengah	65,72 a	6,02 a	0,707 a	0,400 a	0,544 a	0,735 a	1,492 a
Lanjut	67,92 a	3,54 a	0,622 a	0,392 a	0,467 a	0,846 a	0,637 b
CV	6,44%	17,31%	15,65%	5,00%	17,87%	17,90%	25,03%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>2</sup>data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Nitrogen diserap tanaman umumnya dalam bentuk nitrat yang selanjutnya direduksi menjadi amonia ( $\text{NH}_3$ ) oleh enzim nitrat reduktase, sehingga enzim nitrat reduktase mempunyai peranan dalam penyerapan unsur nitrogen oleh tanaman, dan mengatur sintesis senyawa nitrogen tanaman. Oleh karena itu nitrat reduktase merupakan enzim yang menentukan kelangsungan asimilasi nitrogen tanaman (Wickremasinghe *et al.*, 1980 *cit* Kasim 2007). Aktivitas nitrat reduktase pada tanaman dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain cekaman air, cahaya matahari melalui mekanisme fotosintesis, unsur hara, dan suhu (Foyer *et al.*, 1998 *cit* Kasim 2007). Aktivitas nitrat reduktase menunjukkan aktivitas reduksi nitrat menjadi nitrit di dalam jaringan tanaman. Akumulasi nitrit meningkatkan sintesis asam amino. Peningkatan asam amino akan diikuti oleh pembentukan dan perluasan daun serta sintesis klorofil. Tabel 7 menunjukkan aktivitas nitrat reduktase pada tanaman kacang tanah umur 8 mst tidak terdapat beda nyata pada ketiga perkembangan agroforestri, namun pada agroforestri fase awal menunjukkan yang paing tinggi. Nitrat yang terdapat dalam tanaman kacang tanah berperan dalam pembentukan klorofil.

Pada kacang tanah, semakin tinggi intensitas naungan terdapat kecenderungan penurunan klorofil a, kenaikan klorofil b, dan penurunan nisbah klorofil a/b. Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi ternaungi tegakan jati,

tanaman kacang tanah mampu beradaptasi secara fisiologis terhadap penurunan intensitas cahaya matahari dengan peningkatan klorofil b sebagai antena fotosintetik penangkap cahaya. Klorofil merupakan komponen terpenting dalam proses fotosintesis tanaman.

Indeks luas daun tanaman kacang tanah pada agroforestri fase awal menunjukkan paling tinggi meskipun tidak terdapat beda nyata dengan fase tengah saat 8 mst. Hal tersebut menunjukkan bahwa kacang tanah mempunyai luas daun maksimal di lahan terbuka untuk penanaman di awal musim penghujan. Sistem agroforestri fase lanjut dimana tajuk tegakan jati hampir menutupi secara keseluruhan pada bidang olah tanah di bawahnya, menunjukkan indeks luas daun kacang tanah paling kecil.

**Tabel 8. Konduktivitas stomata ( $\mu\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ), laju fotosintesis ( $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) 9 mst, laju asimilasi bersih ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-2}\cdot\text{minggu}^{-1}$ ), laju pertumbuhan tanaman ( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{minggu}^{-1}$ ), berat kering daun (g), berat kering batang (g), dan berat kering akar (gram) tanaman kacang tanah 8 mst.**

Fase Agrof.	Konduk Stomata <sup>2</sup>	Laju fotosintesis <sup>1</sup>	LAB <sup>2</sup>	LPT <sup>1</sup>	BK daun <sup>2</sup>	BK batang <sup>1</sup>	BK akar <sup>2</sup>
Awal	0,31 a	137,26 a	0,510 a	58,972 a	5,08 a	8,70 a	0,696 a
Tengah	0,56 a	139,18 a	0,293 a	27,759 ab	2,76 ab	4,84 a	0,290 ab
Lanjut	0,33 a	257,22 a	0,365 a	12,574 b	1,31 b	2,08 b	0,194 b
CV	25,38%	9,91%	7,63%	12,75%	14,06%	22,37%	10,05%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>1</sup> data ditransformasi dalam bentuk  $\log(x)$  terlebih dahulu sebelum dianalisis; <sup>2</sup> data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Konduktivitas dan laju fotosintesis tanaman kacang tanah pada tanaman kacang tanah umur 9 mst tidak terdapat beda nyata pada ketiga fase agroforestri. Tanaman kacang tanah termasuk tanaman C3 yang toleran terhadap intensitas cahaya matahari rendah. Laju asimilasi bersih pada lahan terbuka menunjukkan nilai yang paling tinggi, namun secara statistik tidak terdapat beda nyata pada ketiga agroforestri. Awal musim penghujan intensitas cahaya matahari sering terhalang oleh adanya awan, sehingga pada lahan yang terdapat tegakan jati baik agroforestri fase tengah maupun lanjut akan menerima sinar matahari sedikit Agroforestri fase lanjut mempunyai laju asimilasi bersih lebih tinggi daripada fase tengah karena pada awal penanaman kacang tanah di

awal musim penghujan dan tajuk tegakan jati belum lebat sehingga intensitas cahaya matahari dapat masuk pada lahan dibawahnya. Data laju asimilasi bersih yang ditampilkan diambil pada tanaman kacang tanah umur 4 mst sampai 8 mst.

Laju pertumbuhan tanaman kacang tanah pada sistem agroforestri fase awal menunjukkan nilai yang paling tinggi seiring dengan kenaikan indeks luas daun (Tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan tanaman kacang tanah di tanah grumosol pada awal musim penghujan paling maksimal terjadi pada lahan terbuka dan mengalami penurunan seiring dengan peningkatan tajuk tegakan jati. Bahan kering yang dihasilkan oleh organ daun sebagian disimpan di daun dan sebagian lagi di translokasikan ke semua organ tanaman. Pada organ-organ tanaman sebagian asimilat ditimbun sebagai cadangan makanan dan sebagian lagi digunakan untuk menjalankan metabolisme, diantaranya pembelahan sel. Berat kering daun, batang, dan akar tertinggi pada agroforestri fase awal dan terendah pada agroforestri fase lanjut.

**Tabel 9. Indeks panen, berat segar polong per tanaman (g), berat kering polong per tanaman, berat kering biji per tanaman, berat 100 biji, berat kering biji per ha (kg), dan berat hijau per ha (ton)**

Fase Agrof.	Indeks panen	BS polong/tan <sup>2</sup>	BK polong/tan <sup>2</sup>	BK biji/tan <sup>2</sup>	100 biji	BK biji/ha <sup>1</sup>	Hijau/ha
Awal	0,19 a	35,74 a	14,05 a	8,41 a	29,60 a	1160,83 a	16,29 a
Tengah	0,18 a	15,39 a	6,73 a	4,47 a	31,84 a	625,00 a	8,69 b
Lanjut	0,07 b	5,16 b	1,75 b	0,88 b	18,63 b	49,17 b	2,54 c
CV	13,15%	4,64%	5,83%	6,46%	7,67%	6,49%	2,85%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>1</sup> data ditransformasi dalam bentuk log (x) terlebih dahulu sebelum dianalisis; <sup>2</sup> data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Indeks panen menggambarkan efisiensi penyaluran asimilat ke hasil ekonomis dan kemampuan penggunaan asimilat. Indeks panen menunjukkan perbandingan distribusi hasil asimilasi antara biomassa ekonomi dengan biomassa keseluruhan (Donald ,1976 *cit* Gardner *et al.*, 1991). Indeks panen pada agroforestri fase awal menunjukkan yang tertinggi, meskipun secara statistik tidak terdapat beda nyata dengan fase tengah dan pada agroforestri fase lanjut menunjukkan yang terendah. Hal ini menunjukkan bahwa penyaluran asimilat pada agroforestri fase awal dan tengah berlangsung secara optimal serta mengalami penurunan seiring dengan perkembangan tajuk tegakan jati. Berat

segar polong per tanaman, berat kering polong per tanaman, berat biji pertanaman, dan berat 100 biji pada agroforestri fase awal tertinggi meskipun tidak terdapat beda nyata dengan fase tengah, namun terdapat beda nyata dengan fase lanjut. Pada sistem agroforestri fase awal berpotensi menghasilkan pakan hijau sekitar 16 ton, fase tengah sekitar 8 ton dan fase lanjut sekitar 2 ton (Tabel 9). Biomassa kacang tanah dapat dijadikan alternatif pilihan pakan ternak terutama ruminansia. Selain dalam bentuk segar, hijauan kacang tanah bisa diawetkan dengan cara mengeringkan di bawah terik matahari agar dapat bertahan lama sebagai cadangan pakan ternak ruminansia untuk kedepannya.

Pertumbuhan dan produksi tanaman jahe tergantung pada kuantitas dan kualitas lingkungan baik biotik maupun abiotik. Lingkungan biotik meliputi semua benda hidup yang mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman jahe seperti hama, patogen, gulma, dan tanaman sela yang digunakan dalam pola tanam maupun tanaman lain disekitar tanaman jahe. Sedangkan lingkungan abiotik yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil jahe antara lain kesuburan tanah dan iklim yang meliputi cahaya matahari, suhu, serta kelembaban udara.

**Tabel 10. Aktivitas nitrat reduktase ( $\mu\text{mol NO}_2\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{jam}^{-1}$ ), klorofil a, klorofil b, klorofil total ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ), dan indeks luas daun jahe 14 mst.**

Fase Agrofor.	ANR	Klorofil a	Klorofil b	Rasio klorofil a/b	Indeks luas daun <sup>2</sup>
Awal	2,500 b	0,306 b	0,208 b	1,489 a	0,117 b
Tengah	1,872 c	0,376 a	0,392 a	1,037 b	0,250 a
Lanjut	3,201 a	0,326 b	0,261 b	1,350 a	0,087 b
CV	6,33%	6,18%	17,48%	9,86%	3,35%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>2</sup>data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Aktivitas nitrat reduktase tanaman jahe umur 14 mst pada agroforestri fase lanjut menunjukkan nilai tertinggi. Berbeda dengan kadar klorofil a, dan klorofil b pada agroforestri fase tengah menunjukkan yang tertinggi dan terdapat beda nyata dengan fase awal dan lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa kadar klorofil yang terbentuk pada agroforestri fase tengah berlangsung maksimal meskipun memiliki aktivitas nitrat reduktase paling rendah. Sedangkan indeks luas daun pada agroforestri fase tengah menunjukkan yang tertinggi dan terdapat beda nyata dengan fase awal dan lanjut. Luas daun dan indeks luas daun

tanamn jahe akan menentukan laju asimilasi bersih dan laju pertumbuhan tanaman jahe

**Tabel 11. Konduktivitas stomata ( $\text{mol H}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), laju fotosintesis ( $\mu\text{mol CO}_2.\text{m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ), laju transpirasi ( $\text{mmolH}_2\text{O.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ ) umur 9 mst, laju asimilasi bersih ( $\text{g.dm}^{-2}.\text{minggu}^{-1}$ ), laju pertumbuhan tanaman ( $\text{g.m}^{-2}.\text{minggu}^{-1}$ ), berat kering daun (g), berat kering batang (g), dan berat kering akar (g).**

Fase Agrof.	Kond. stoma	Laju fotosint	Laju transpi	LAB <sup>2</sup>	LPT <sup>2</sup>	BK daun <sup>2</sup>	BK batang <sup>2</sup>	BK akar <sup>2</sup>
Awal	0,23 a	192,97 a	3,60 a	0,387 a	3,048 ab	1,814 b	1,423 b	0,274 ab
Tengah	0,28 a	142,79 a	3,82 a	0,318 a	5,799 a	3,361 a	2,779 a	0,523 a
Lanjut	0,39 a	158,56 a	4,23 a	0,177 a	1,454 b	1,087 b	0,630 b	0,177 b
CV	26,16%	12,78%	23,65%	8,78%	17,31%	11,45%	11,16%	6,75%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>2</sup>data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

Laju fotosintesis dan laju transpirasi pada ketiga fase agroforestri tidak terdapat beda nyata. Sedangkan konduktivitas stomata pada fase lanjut menunjukkan yang tertinggi. Meskipun laju transpirasi tidak terdapat beda nyata antara ketiga fase tersebut, namun pada fase tersebut menunjukkan laju transpirasi tertinggi. Hal ini sesuai dengan konduktivitas stomata daun jahe, semakin besar nilai konduktivitas stomata maka laju transpirasi akan semakin besar. Laju asimilasi bersih juga menunjukkan tidak terdapat beda nyata pada ketiga fase agroforestri. Pada agroforestri fase awal laju asimilasi bersih paling tinggi, sedangkan laju pertumbuhan tanaman tertinggi pada agroforestri fase tengah dan terdapat beda nyata dengan fase lanjut, namun tidak terdapat beda nyata dengan fase awal. Berat kering daun, batang, dan akar tertinggi pada agroforestri fase tengah.

Jahe yang dipanen muda rata-rata berusia 3 sampai 4 bulan dan biasanya digunakan untuk konsumsi rumah tangga (Paimin, 2007). Indeks panen tertinggi terdapat pada agroforestri fase lanjut dan terdapat beda nyata dengan fase awal dan tengah. Diduga tanaman jahe pada agroforestri fase lanjut memiliki kecenderungan untuk mentranslokasi fotosintat yang dihasilkan mengarah ke rimpang lebih dominan daripada organ lainnya, meskipun menghasilkan bobot segar rimpang per tanaman paling rendah (Tabel 12). Tanaman jahe pada agroforestri fase tengah berpotensi menghasilkan bobot

segar rimpang sekitar 2 ton per ha. Hasil tersebut tergolong sangat kecil karena potensi tanaman jahe gajah pada lahan yang subur bisa mencapai 15 ton per ha. Hal ini dikarenakan tanah di Gari termasuk tanah grumusol dan kurang subur (Tabel 1 dan 2).

**Tabel 12. Indeks panen, jumlah rimpang, volume rimpang (ml), berat segar rimpang per tanaman (g), berat kering rimpang per tanaman (g), dan berat segar rimpang per ha (ton)**

Fase Agrof.	Indeks panen	Jumlah rimpang	Volume rimpang	BS rimpang/tan <sup>2</sup>	BK rimpang/tan <sup>2</sup>	BS rimpang/ha
Awal	0,27 b	2,89 a	18,00 b	19,031 b	1,207 b	1,142 b
Tengah	0,23 b	2,89 a	36,22 a	36,298 a	2,023 a	2,178 a
Lanjut	0,36 a	2,56 a	13,44 b	13,478 b	1,084 b	0,809 b
CV	12,99%	6,91%	24,93%	10,31%	7,54%	25,37%

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak beda nyata berdasarkan DMRT pada tingkat kepercayaan 95%; <sup>2</sup>data ditransformasi dalam bentuk  $\sqrt{x + 0.5}$  terlebih dahulu sebelum dianalisis.

### KESIMPULAN

1. Tegakan jati mempengaruhi agroklimat pada bidang olah tanah dibawahnya yaitu semakin lanjut perkembangan agroforestri menyebabkan penurunan intensitas cahaya matahari dan suhu serta menaikkan kelembaban udara.
2. Pertumbuhan dan hasil tanaman jagung serta kacang tanah paling tinggi secara berurutan adalah agroforestri fase awal, tengah, dan lanjut, sedangkan pada tanaman jahe paling tinggi secara berurutan adalah agroforestri fase tengah, awal, dan lanjut.

### UCAPAN TERIMA KASIH

LPPM UGM melalui hibah bersaing UGM tahun anggaran 2011 yang diajukan oleh Dr. Priyono Suryanto, S.Hut., M.P. dan Dr. Eka Tarwaca Susila Putra, S.P., M.P.

### DAFTAR PUSTAKA

- Albert, H. Wawo, Wirdateti, dan B.P. Naiola. 1993. Pengembangan Pola Alley Cropping sebagai Sistem Wanatani di Lahan Kering Desa Pulutan. Balitbang Botani-Puslitbang Biologi-LIPI.
- Prosiding Seminar Hasil Litbang SDH 14 Juni 1993 : 397-405
- Gardner, F.P., RB. Pearce and R.L. Mitchell. 1991. Physiology of Crop Plants (Fisiologi Tanaman Budidaya, alih bahasa: H.Susilo). Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Harjadi, Sri Setyadi. 1979. Pengantar Agronomi. PT Gramedia. Jakarta

- Hidema J, Makino A, Kurita Y, Mae T, and Ohjima K. 1992. Changes in the level of chlorophyll and light-harvesting chlorophyl a/b protein of PS II in rice leaves agent under different irradiances from full expansion through senescense. *Plant Cell Physiol* 33:1209-1214.
- Kasim, M. Husain. 2007. Pengaruh Pemupukan terhadap Aktivitas Nitrat Reduktase dan Laju Pertumbuhan Pucuk pada Tanaman Teh (*Camellia sinensis L.*). Tesis. Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta.
- Lakitan, Benyamin. 2008. Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lehninger. 1978. Dasar-Dasar Biokimia. Erlangga. Jakarta
- Paimin, Farry B., Murhananto. 2007. Budidaya, Pengolahan, Perdagangan Jahe. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Sinseng, Mathius. 2002. Telaah tentang Eksistensi dan Ketangguhan pelaku ekonomi Rakyat Pasca
- Krisis Moneter 1997/1998 di Dusun Pakel, Desa Piyaman, Wonosari, Gunung Kidul. <[www.ekonomirakyat.org](http://www.ekonomirakyat.org)>. Diakses pada tanggal 10 November 2011
- Sirait, J. 2008. Leaf area, chlorophyll content, and relative growth rate of grass on different shading and fertilization. *JITV* 13(2): 109-116.
- Suryanto, Priyono., Tohari dan Sabarnurdin M.Sambas. 2005. Dinamika sistem berbagi sumberdaya (*Resouces Sharing*) dalam agroforestri: dasar pertimbangan penyusunan strategi silvikultur. UGM, Yogyakarta. *Ilmu Pertanian* Vol. 12 No.2 : 165 – 178