

Layanan Lingkungan Pohon Pelindung pada Sumbangan Hara dan Produktivitas Agroekosistem Kopi

Ecosystem Service of Shade Trees on Nutrient Cycling and Productivity of Coffee Agro-ecosystems

Rusdi Evizal¹⁾, Tohari²⁾, Irfan D. Prijambada²⁾, Jaka Widada²⁾, dan Donny Widiyanto²⁾

Ringkasan

Pohon pelindung bernilai penting dalam skema sertifikasi sistem produksi kopi berkelanjutan. Pohon pelindung memegang peranan penting dalam berfungsinya ekosistem perkebunan kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari layanan lingkungan oleh pohon pelindung di beberapa agroekosistem kopi Robusta (*Coffea canephora*) pada sumbangan unsur hara dan produktivitas lahan. Empat agroekosistem kopi yaitu kopi tanpa pelindung, kopi berpelindung pohon cempaka, kopi berpelindung pohon gamal, dan kopi berpelindung pohon dadap, dilakukan evaluasi dalam periode 2007–2008. Penelitian ini dilakukan di perkebunan rakyat di Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat menggunakan rancangan RCBD dengan 3 ulangan. Kebun dirawat menurut standar lokal, yaitu dosis pupuk NPK (150–50–100), pengendalian gulma secara dikored 4 kali setahun. Hasil menunjukkan bahwa dinamika kerontokan seresah pohon pelindung dan pohon kopi dipengaruhi oleh musim kemarau. Produktivitas seresah ditentukan oleh adanya pohon pelindung. Pohon pelindung memberi layanan lingkungan berupa memproduksi seresah, mengurangi kerontokan daun kopi pada musim kemarau, dan menekan pertumbuhan gulma. Agroekosistem berpelindung pohon gamal atau dadap memberi hasil kopi yang lebih tinggi daripada kopi tanpa pelindung atau kopi berpohon pelindung cempaka. Pada agroekosistem tanpa pelindung serta kopi berpelindung gamal atau dadap, hasil kopi berkorelasi positif ($r = 0,99$) dengan produktivitas seresah dan berkorelasi negatif ($r = -0,82$) dengan biomassa gulma. Produksi biomassa (rontokan seresah + gulma) pada kebun kopi tanpa pelindung dengan kopi berpelindung tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Guguran seresah pohon pelindung sangat penting dalam menyumbang unsur hara terutama nitrogen untuk menggantikan kehilangan unsur hara yang terangkut panen buah kopi.

Summary

Shade trees are significant in certification scheme of sustainable coffee production. They play an importance role on ecosystem functioning. This research is aimed to study ecosystem service of shade trees in some coffee agro-ecosystems particularly on nutrient cycling and land productivity. Four agro-ecosys-

1) Dosen (*Lecturer*) dan Mahasiswa (*Student*); Fakultas Pertanian Pascasarjana, Universitas Lampung, Indonesia

2) Dosen (*Lecturer*), Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta, Indonesia,

tems of Robusta coffee (Coffea canephora), namely sun coffee (without shade trees), coffee shaded by Michelia champaca, coffee shaded by Gliricidia sepium, and coffee shaded by Erythrina indica are evaluated during 2007–2008. Small-holder coffee plantation in Sumberjaya Subdistrict, West Lampung, which managed under local standard were employed using Randomized Complete Block Design with 3 replications. The result showed that litter fall dynamic from shade trees and from coffee trees was influenced by rainfall. Shade trees decreased weed biomass while increased litter fall production. In dry season, shade trees decreased litter fall from coffee shaded by M. champaca. G. sepium and E. indica shaded coffee showed higher yield than sun coffee and M. champaca shaded coffee. Except for M. champaca shaded coffee, yield had positive correlation ($r = 0.99$) with litter fall production and had negative correlation ($r = -0.82$) with weed biomass production. Biomass production (litter fall + weed) of sun coffee and shaded coffee was not significantly different. Litter fall of shade trees had significance on nutrient cycle mainly to balance the lost of nitrogen in coffee bean harvesting.

Key Words: *Coffea canephora, Michelia champaca, Gliricidia sepium, Erythrina indica, litter production, nutrient cycle, coffee yield.*

PENDAHULUAN

Perkebunan kopi monokultur tanpa pohon pelindung dikelola secara intensif dengan menggunakan masukan yang tinggi sehingga dapat mendorong produktivitas yang tinggi. Sistem perkebunan kopi semacam ini menuai kritik internasional karena dianggap merusak lingkungan (RDV-The World Bank, 2002). Saat ini yang didorong adalah sistem perkebunan kopi berkelanjutan yang menekankan pada keberlanjutan produksi dalam jangka panjang yang tetap menguntungkan dan bersifat ramah lingkungan. Sistem ini tidak hanya menghasilkan biji kopi, tetapi juga memberikan layanan kepada lingkungan seperti konservasi tanah dan air serta konservasi keragaman hayati (Wingents, 2004; Perfecto *et al.*, 2005). Agroekosistem kopi berkelanjutan (*sustainable coffee*) menjadi isu penting yang mendasari munculnya

berbagai inisiatif sertifikasi kopi, baik yang bersifat *ecolabelling* maupun sertifikasi kopi spesial. Saat ini banyak muncul label produk kopi hasil sertifikasi seperti kopi organik (*organic coffee*), kopi liar (*wild coffee*), kopi hutan (*forest coffee*), kopi hijau (*green /Eco-OK/eco-friendly coffee*), kopi naungan (*shade coffee*), dan kopi hijau berkelanjutan (*sustainable green coffee*) (CCCC & SAI Platform, 2003; IISD, 2003; Rice & Mclean, 1999; Perfecto *et al.*, 2005), serta sertifikasi indikasi geografis dan sertifikasi Q sistem.

Dari sudut pandang ekologi, pohon pelindung merupakan pilar penting pembangunan agroekosistem kopi berkelanjutan sehingga menjadi salah satu syarat dalam sertifikasi kopi (RDV-The World Bank, 2002; IFOAM, 1995; Starbukcs Coffee Company, 2007). Layanan lingkungan yang diberikan oleh pohon pelindung antara lain: (1) menambat karbon, (2) mengurangi

kehilangan tanah karena erosi, (3) meningkatkan bahan organik dan unsur hara tanah melalui serasah dan fiksasi nitrogen kalau naungannya legum, (3) menekan pertumbuhan gulma, (4) menimba unsur hara dari kedalaman tanah (Rice & Mclean, 1999; Gobbi, 2000; Rowe *et al.*, 1999; Baon *et al.*, 2003; DaMatta, 2004).

Kajian agroekosistem kopi berpohon pelindung juga penting dalam kaitannya dengan munculnya kebun kopi sistem hutan kemasyarakatan (HKm). Dalam skema HKm, petani mendapat izin definitif selama 35 tahun untuk bertanam kopi di hutan negara dengan kewajiban menanam pohon kayu-kayuan dan pohon serbaguna (MPTS) sebanyak 300–400 pohon/ha. Ketika kayu-kayuan sudah dewasa dengan populasi sejumlah itu maka tanaman kopi akan ternaungi berat. Oleh karena itu perlu dicari pepohonan yang cocok untuk mendukung produksi tanaman kopi, serta klon kopi yang toleran terhadap kondisi naungan berat.

Pengaruh pohon naungan terhadap produktivitas kebun kopi masih menjadi perdebatan. Menurut Beer *et al.* (1998) pengaruh pohon pelindung untuk menurunkan atau menaikkan produksi bergantung kepada kondisi tanah dan lingkungan, jenis pohon pelindung, dan manajemen kebun. Menurut DaMatta (2004), apabila ditanam pada tanah yang tidak bermasalah dengan pasokan unsur hara dan air, maka kopi tanpa naungan akan memberi produksi yang lebih tinggi. Apabila kondisi kesuburan dan lingkungan kurang mendukung, kopi berpohon pelindung cenderung tetap berbuah dengan baik setiap tahun sedangkan kopi tanpa pelindung akan berbuah lebat berseling

dengan berbuah tidak lebat pada tahun berikutnya. Defisiensi pupuk, defisit air karena kemarau, dan terjadinya pembuahan yang lebat pada kopi tanpa pelindung akan membawa kepada kelelahan pohon kopi yang dapat menyebabkan turunnya produksi tahun berikutnya atau bahkan dapat menyebabkan terjadinya mati ranting pucuk (*branch die-back*). Pohon pelindung kopi akan dapat mengurangi faktor penyebab mati ranting pucuk. Prawoto (2008) melaporkan bahwa pohon pelindung jenis legum memberikan hasil kopi yang lebih konsisten.

Pengelolaan pohon pelindung merupakan salah satu subsistem penting dalam mempelajari siklus hara di perkebunan kopi (Bornemisza, 1982). Berbagai jenis pohon pelindung jenis legum banyak digunakan di sentra kebun kopi dunia antara lain gamal dan dadap untuk menambah N hasil fiksasi. Sedangkan pohon pelindung nonlegum diharapkan menambah bahan organik, penghasilan buah dan kayu serta meningkatkan kualitas lingkungan (Glover & Beer, 1986; Harmand *et al.*, 2007).

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di perkebunan kopi rakyat di Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat, pada tahun 2007–2008. Kebun berlokasi pada ketinggian tempat 900 m dari permukaan laut. Keadaan *slope* tanah landai sampai kemiringan sedang. Jenis tanah termasuk *Vertic Dystrudepts*, dengan pH sekitar 4,0. Kesuburan tanah termasuk rendah dengan kandungan bahan organik tanah yang cukup baik hanya pada tanah lapisan 0–10 cm, sedangkan

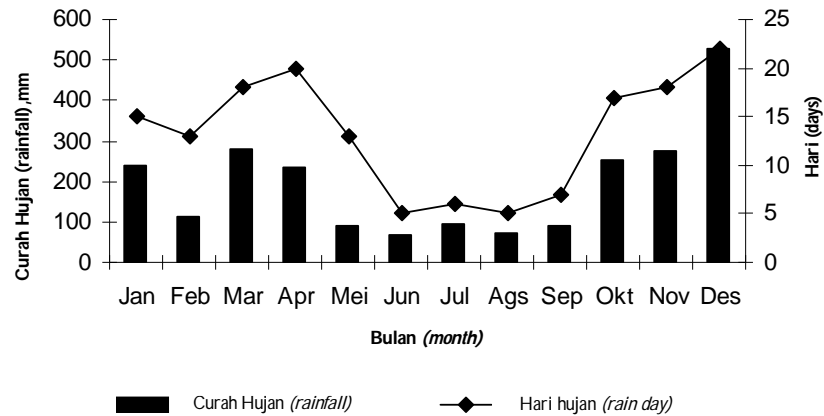
kandungan N total termasuk kategori rendah (Tabel 1). Data tahun 1974–1998 menunjukkan kisaran curah hujan 2.426–3.366 mm per tahun, sedangkan pada tahun 2008 curah hujan tercatat 2.336 mm dalam 159 hari hujan. Pada musim kemarau yang terjadi pada bulan Mei–September masih terdapat hujan ringan sebanyak 5–13 hari per bulan. Keadaan curah hujan pada tahun 2008 disajikan pada Gambar 1.

Penelitian ini dilakukan pada kebun kopi Robusta (*Coffea canephora*) yang berumur 15 tahun, yaitu kebun kopi berpelindung pohon legum (1) gamal (*Gliricidia sepium*) dan (2) dadap (*Erythrina indica*), (3) kebun berpelindung non-legum yaitu pohon cempaka (*Michelia champaca*), dan (4) kebun kopi tanpa pohon pelindung. Setiap satuan percobaan berukuran 0,25 ha. Penelitian menggunakan rancangan blok

Tabel 1. Hasil analisis tanah pada lokasi penelitian

Table 1. Soil properties at experimental site

Parameter	Kedalaman (<i>Depth</i>) 0–10 cm	Kedalaman (<i>Depth</i>) 10–20 cm
pH (H ₂ O)	4.6	4.3
pH (KCl)	4.3	3.9
N (%)	0.15	0.08
C (%)	2.24	0.82
P ₂ O ₅ (ppm)	8.3	2
Pasir (<i>Sand</i>) (%)	25	21
Debu (<i>Silt</i>) (%)	30	25
Liat (<i>Clay</i>) (%)	45	54



Gambar 1. Data curah hujan dan hari hujan tahun 2008 pada lokasi penelitian.

Figure 1. Rainfall and rainy days in 2008 at experimental site.

teracak lengkap (RCBD) dengan 3 blok kebun. Tanaman kopi dipelihara sesuai dengan standar pemeliharaan lokal yaitu dosis pupuk NPK (150–50–100), pengendalian gulma secara dikored 4 kali setahun dan biomas dimasukkan dalam rorak. Pohon pelindung dipangkas ringan, tanaman kopi dipangkas sesuai standar (pangkas wiwilan dan pangkas produksi).

Untuk mengukur guguran seresah pohon pelindung dan pohon kopi, dipasang 3 *litter trap* untuk setiap satuan percobaan berupa paranet dengan ukuran terpasang 1x2 m. Penimbangan dilakukan setiap bulan setelah seresah pohon pelindung dan seresah kopi dipisah dan dioven. Sampel seresah diambil secara komposit untuk dianalisis kandungan NPK. Biomassa gulma diukur setiap 3 bulan pada saat dilakukan pengoredean. Sampel gulma diambil dari kuadran 1x1 m untuk dioven dan ditimbang. Pengamatan komponen produksi dilakukan pada 3 sampel pohon. Penimbangan buah kopi buah segar dilakukan pada petak sampel berukuran 400 m². Rendemen buah segar dihitung dengan mengambil sampel buah secara komposit untuk digiling basah, dikeringkan sehingga diperoleh biji kering kadar air 14%. Produktivitas dihitung dengan perkalian produksi segar dengan rendemennya.

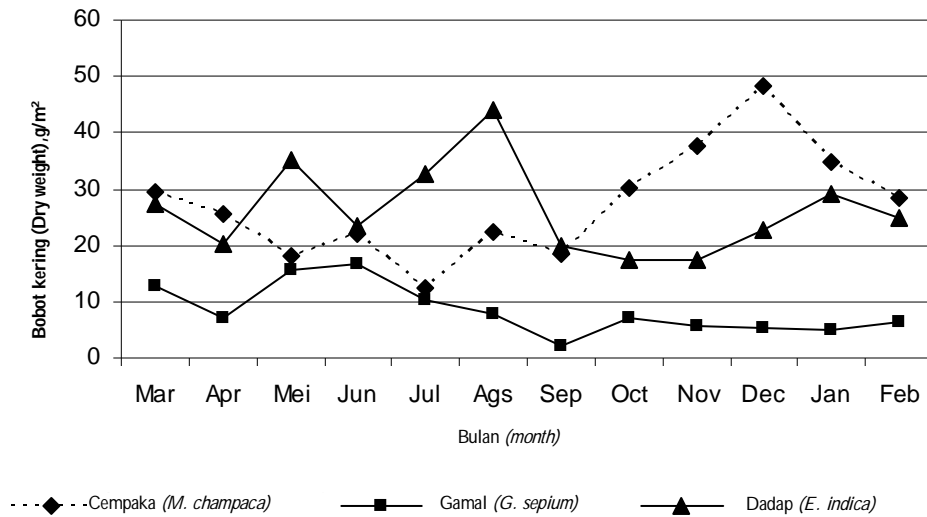
HASIL DAN PEMBAHASAN

Produktivitas seresah pohon pelindung per tahun serta pola dinamika bulanan bergantung pada jenis pohon pelindung. Pohon gamal dan dadap termasuk pohon legum yang merontokkan hampir seluruh daun pada musim kemarau. Pada bulan

pertama kemarau (Mei) pohon gamal dan dadap mulai banyak merontokkan daun. Daun yang rontok mencapai puncak pada bulan Juni untuk pohon gamal dan bulan Agustus untuk pohon dadap. Setelah musim rontok daun, pohon gamal dan dadap berbunga. Sebaliknya pohon cempaka banyak merontokkan daun justru pada musim hujan, dengan puncak merontokkan daun terjadi pada bulan Desember (Gambar 1). Dinamika musim kerontokan daun ini terbukti berpengaruh terhadap produktivitas kebun kopi. Tanaman kopi secara alami tumbuh di bawah naungan (Prawoto, 2008), namun untuk berbunga yang lebat dibutuhkan cekaman air baik akibat kemarau maupun terbukanya penaungan (Wintgens, 2004). Musim rontok daun pada musim kemarau pada pohon gamal dan dadap memberi layanan ekosistem berupa pembungaan yang lebat pada perkebunan kopi di dataran tinggi.

Dinamika perontokan daun kopi menunjukkan adanya dua puncak yaitu pada musim kemarau dan pada musim hujan (Gambar 3). Pada agroekosistem kopi tanpa pohon pelindung, dan berpohon pelindung gamal atau dadap, puncak kerontokan terjadi pada bulan Juni sedangkan gugur daun pohon cempaka terjadi puncak kecil pada bulan Agustus. Walaupun secara statistik tidak berbeda nyata, produksi seresah daun kopi yang tinggi terjadi pada agroekosistem kopi tanpa pelindung dan kopi berpelindung gamal atau dadap. Produksi seresah daun kopi yang terendah terjadi pada kopi bernaungan pohon cempaka. Pohon pelindung gamal dan dadap terbukti tidak efektif menaungi kopi pada musim kemarau karena pohon pelindung saat kemarau juga tengah merontokkan daun.

Cekaman kemarau dan kerontokan daun



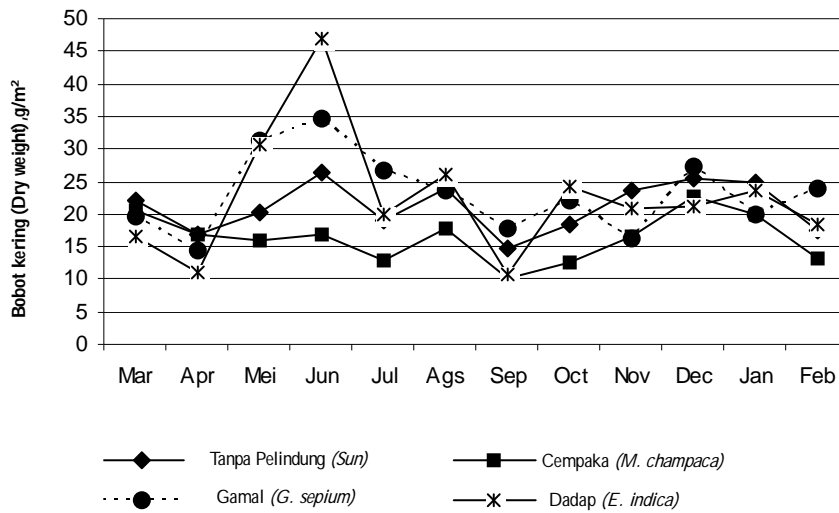
Gambar 2. Dinamika produksi seresah pohon pelindung.
 Figure 2. Litter production dynamic of shade trees.

dapat mendorong pembungaan dan pembuahannya yang lebat. Namun, jika tidak didukung oleh kondisi kesuburan tanah dan pemupukan yang intensif maka pada tahun berikutnya produktivitas akan jatuh bahkan sebagian tanaman akan mengalami mati ranting (DaMatta, 2004) yang umumnya dimulai pada saat masa pengisian buah. Hal ini menunjukkan peranan langsung pohon pelindung jenis cempaka sebagai upaya mitigasi keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan (Lin, 2007), baik sebagai akibat kemarau maupun pembuahannya yang terlalu lebat.

Pola perontokan daun pohon pelindung dan daun kopi di musim kemarau (Gambar 3) sejalan dengan peringkat produktivitas kopi. Produktivitas agroekosistem kopi berpelindung gamal dan dadap tampak lebih

tinggi daripada agroekosistem kopi tanpa pohon pelindung atau berpohon pelindung cempaka (Gambar 4). Namun, hasil uji Duncan menunjukkan produktivitas meningkat signifikan hanya terbukti pada agroekosistem kopi berpohon pelindung dadap sedangkan produktivitas kopi berpelindung gamal berada di posisi *overlapping* (Tabel 2).

Pertumbuhan cabang generatif (panjang cabang primer dan jumlah cabang primer) pada kopi berpelindung gamal dan dadap tidak berbeda nyata dengan kopi tanpa naungan dan kopi bernaungan cempaka (Gambar 5). Namun, kopi bernaungan gamal atau dadap memiliki jumlah cabang primer yang berbuah dan jumlah buah per dompol yang lebih banyak (Gambar 6). Menurut Hulupi (1998), komponen produksi

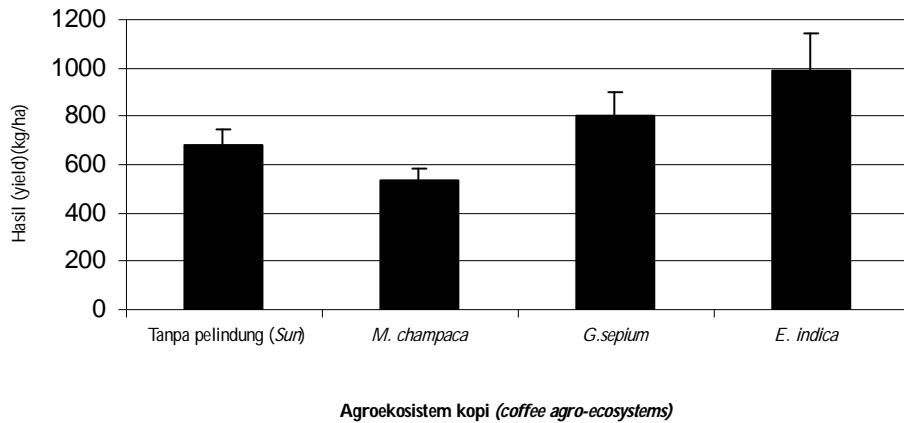


Gambar 3. Dinamika kerontokan daun kopi.
 Figure 3. Litter fall dynamic of coffee trees.

seperti jumlah buah per dompok merupakan karakter yang banyak dipengaruhi fluktuasi lingkungan.

Pengendalian gulma merupakan pekerjaan pemeliharaan kebun kopi yang banyak menyita tenaga kerja. Pertumbuhan gulma meningkat secara nyata selama periode musim hujan (November–April). Pohon pelindung memberi layanan lingkungan berupa naungan sehingga menekan pertumbuhan gulma. Gambar 7 menunjukkan bobot gulma yang tumbuh di agro-ekosistem kopi tanpa pohon pelindung lebih besar daripada bobot gulma pada agro-ekosistem kopi bernaungan. Dengan demikian, ketiga jenis pohon pelindung dapat menekan pertumbuhan gulma. Pertumbuhan gulma di bawah pelindung dadap, gamal, dan cempaka tidak berbeda nyata antara satu dengan yang lainnya (Tabel 2).

Tertekannya pertumbuhan gulma di bawah pelindung gamal dan dadap pada akhirnya mampu meningkatkan produktivitas kopi namun di bawah pelindung cempaka, produktivitas kopi tidak meningkat. Agro-ekosistem kopi berpohon pelindung cempaka menghasilkan seresah yang sama banyak dan mampu menekan pertumbuhan gulma sama seperti agroekosistem kopi berpelindung dadap, namun memberikan hasil kopi yang lebih rendah. Hal ini diduga karena pohon cempaka berkompetisi secara kuat dengan pohon kopi, baik terhadap sinar matahari, air, maupun unsur hara. Menurut Beer *et al.* (1998), terjadinya kompetisi merupakan kekurangan dari penanaman pohon pelindung, khususnya bagi pohon yang menaungi intensif. Tajuk pohon cempaka menutup rapat, sehingga pemangkasan cabang lateral secara rutin harus dilakukan.

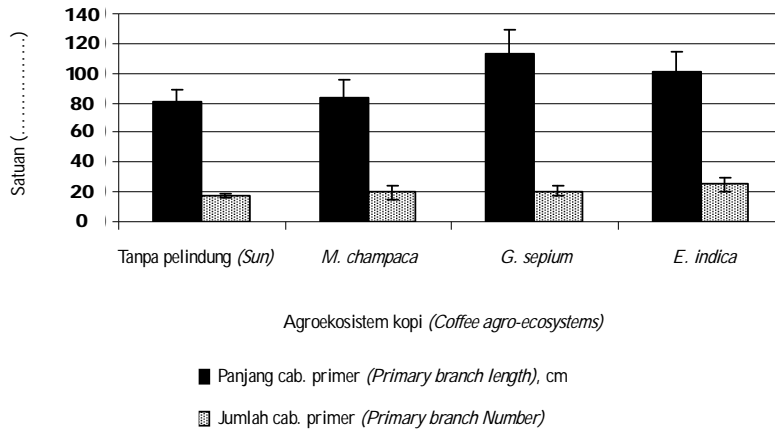


Gambar 4. Pengaruh jenis pohon pelindung terhadap produktivitas kopi.
 Figure 4. The influence of shade trees on coffee yield.

Apabila dijumlahkan (seresah + gulma atau seresah + gulma + hasil kopi) maka produksi biomassa tidak menunjukkan beda nyata antarkeempat jenis agroekosistem kopi (Tabel 2). Produksi biomassa merupakan indikator produktivitas suatu agroekosistem. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa produktivitas keempat agroekosistem relatif sama namun memberikan produktivitas biji kopi yang berbeda. Potensi produktivitas yang sama tersebut akan lebih banyak berwujud biomassa gulma (pada kopi tanpa pohon pelindung), atau lebih banyak berwujud guguran seresah (pada kopi berpelindung cempaka), atau banyak berupa guguran seresah dan buah kopi tetapi rendah biomass gulma (pada agroekosistem kopi berpohon pelindung dadap atau gamal). Tampaknya gulma dan pohon cempaka merupakan kompetitor yang kuat bagi produktivitas tanaman kopi.

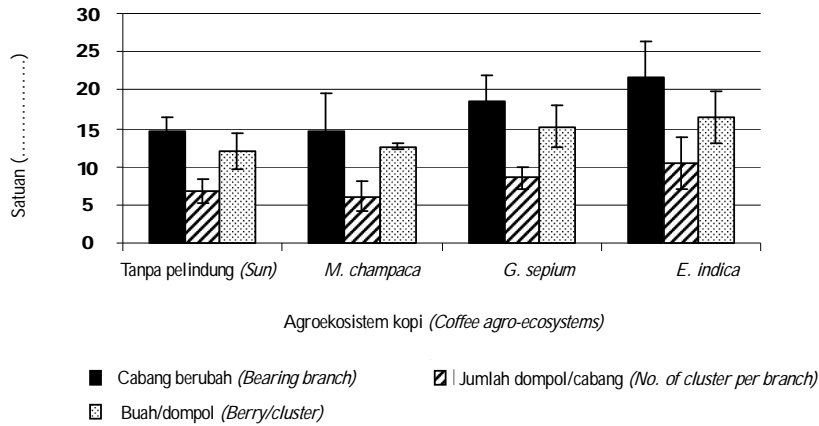
Khusus pohon pelindung gamal dan dadap, produktivitas seresah yang tinggi justru mendukung hasil kopi. Jika hanya dianalisis tiga agroekosistem kopi (tanpa pohon pelindung, berpelindung gamal, berpelindung dadap) maka terdapat korelasi positif yang kuat ($r = 0,99$) antara produktivitas seresah dengan produktivitas biji kopi. Hasil ini sesuai dengan penelitian Harmand *et al.* (2008) pada agroekosistem kopi Arabika berpohon pelindung dadap. Selain itu terdapat korelasi negatif yang tinggi ($r = -0,82$) antara biomassa gulma dengan produktivitas biji kopi. Hubungan antara produksi seresah pohon pelindung jenis legum (gamal dan dadap) dan biomassa gulma dengan produktivitas kopi disajikan pada Gambar 8.

Gulma memiliki fungsi positif antara lain menekan erosi dan merupakan sumber



Gambar 5. Pengaruh pohon pelindung terhadap pertumbuhan cabang primer.

Figure 5. The influence of shade trees on primary branch growth.

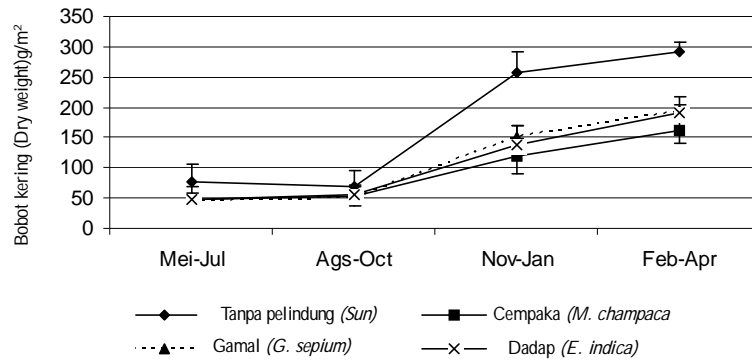


Gambar 6. Pengaruh pohon pelindung terhadap komponen hasil.

Figure 6. The influence of shade trees on yield components.

bahan organik dan unsur hara untuk menjaga kesuburan tanah. Namun jika tumbuh terlewat pesat maka akan berkompetisi dengan tanaman kopi. Satu sampai dua bulan setelah upaya pengendalian (dikored atau disemprot herbisida), gulma masih tumbuh lambat dan

biomassa masih relatif kecil, Namun pada umur 3–4 bulan, gulma tumbuh lebih pesat dan biomassa meningkat tajam (Gambar 9) dan gulma mulai berbunga. Untuk mendukung pertumbuhannya yang pesat, gulma membutuhkan lebih banyak unsur hara dan



Gambar 7. Dinamika produksi biomassa gulma.
 Gambar 7. Dynamic of weed biomass production.

Tabel 2. Pengaruh pohon pelindung terhadap produktivitas agroekosistem kopi
 Table 2. Effect of shade trees on productivity of coffee agro-ecosystems)

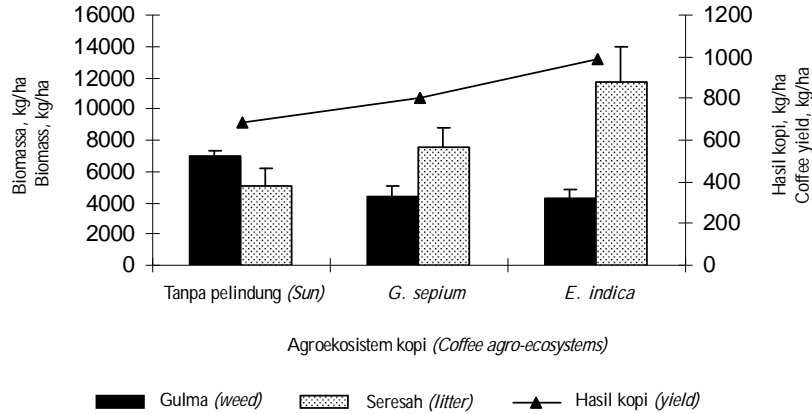
Parameter produktivitas (Productivity) (kg/ha/tahun)	Tanpa pelindung (Sun)	Jenis pohon pelindung (Shade tree)		
		Cempaka (<i>M. champaca</i>)	Gamal (<i>G. sepium</i>)	Dadap (<i>E. indica</i>)
1. Produksi kopi (<i>Yield</i>)	583,7 b	534,1 b	806,6 ab	987,5 a
2. Seresah gugur (<i>Litter fall</i>)*	5.059,2 b	10.479,3 a	7.589,1 ab	11.698,9 a
3. Berat gulma (<i>Weed</i>)	6.932,7 a	3.793,6 b	4.408,3 b	4.326,0 b
4. Seresah total (<i>Litter</i>) (2 + 3)	11.991,9 a	14.273,0 a	11.997,4 a	16.024,9 a
4. Produksi biomassa (<i>Total biomass</i>) (1 + 2 + 3)	12.675,6 a	14.807,2 a	12.802,9 a	17.012,4 a

Keterangan: Nilai pada lajur yang diikuti huruf yang berbeda, signifikan pada uji Duncan 5%.
) Seresah guguran dari pohon pelindung dan pohon kopi.

air sehingga menjadi kompetitor yang kuat bagi tanaman kopi. Karena gulma akan berkompetisi kuat dengan tanaman kopi. Oleh karena itu gulma pada perkebunan kopi harus dikelola dan dikendalikan secara bijaksana. Pada umur gulma sekitar 3 bulan merupakan saat pengendalian yang tepat.

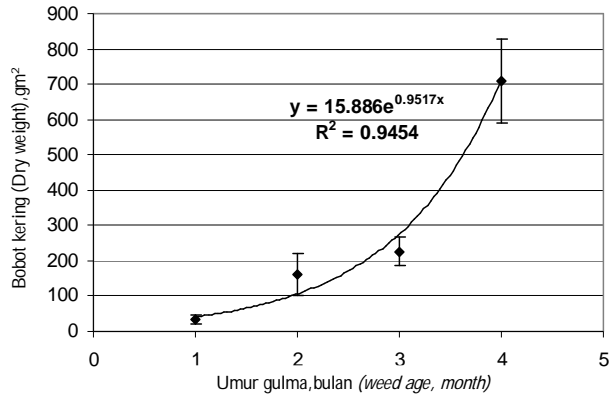
Seresah yang gugur dari pohon pelindung berperan penting dalam siklus unsur hara dan produktivitas tanaman kopi. Pohon

pelindung yang dipilih hendaknya berperakaran dalam sehingga menyerap unsur hara dari tanah yang dalam dan tidak terlalu berkompetisi dengan tanaman kopi. Khususnya bagi pohon legum, sebagian N diperoleh dari udara hasil penangkapan secara biologis oleh bakteri bintil akar. Fiksasi N pada pohon dadap sebesar 21% (Snoeck *et al.*, 2000), pada gamal mencapai 50% (Rowe *et al.*, 2001).



Gambar 8. Hubungan antara produksi seresah pohon pelindung, biomass gulma dengan produktivitas kopi.

Figure 8. Correlation between shade trees litter fall, weed biomass, and coffee yield.



Gambar 9. Pengaruh umur panen terhadap berat biomassa gulma.

Figure 9. The influence of harvest time on weed dry weight.

Perhitungan neraca unsur hara pada Tabel 3 mendasarkan kepada pendapat Snoeck & Lambot *cit.* Wintgens (2004) bahwa unsur hara yang terbawa 1 ton panen kopi per ha adalah 33,4 kg N; 6,1 kg P₂O₅; 44 kg K₂O. Terlihat bahwa sumbangan seresah dari pohon pelindung jenis dadap memberikan neraca positif hanya untuk unsur

N, seresah dari pohon cempaka memberi nilai positif pada unsur hara N dan P, sedangkan seresah pohon pelindung jenis gamal memberikan nilai negatif pada ketiga unsur hara N, P, dan K.

Secara umum dapat disimpulkan guguran seresah pohon pelindung sangat

Variabel <i>Variable</i>	Cempaka <i>M. champaca</i>	Gamal <i>G. sepium</i>	Dadap <i>E. indica</i>
Seresah pohon pelindung (<i>Litter of shade trees</i>) (kg/ha/th)	3280,11	1019,25	3144,56
Kandungan (<i>Content</i>) N (%)	1,17	2,37	2,16
Sumbangan (<i>Cycling</i>) N (kg/ha)	38,37	24,16	67,92
Ekspor (<i>Export</i>) N* (kg/ha)	17,83	26,92	32,97
Neraca (<i>Balance</i>) N** (kg/ha)	+21,54	-2,76	+34,95
Kandungan (<i>Content</i>) P (%)	0,12	0,12	0,13
Sumbangan (<i>Cycling</i>) P (kg/ha)	3,94	1,22	4,09
Ekspor (<i>Export</i>) P* (kg/ha)	3,25	4,91	6,02
Neraca (<i>Balance</i>) P** (kg/ha)	+0,69	-3,69	-1,93
Kandungan (<i>Content</i>) K (%)	0,37	0,69	0,43
Sumbangan (<i>Cycling</i>) K (kg/ha)	10,97	15,54	15,15
Ekspor (<i>Export</i>) K* (kg/ha)	23,50	35,46	42,43
Neraca (<i>Balance</i>) K** (kg/ha)	-12,53	-19,92	-27,28

* Ekspor = unsur hara yang terbawa 1 ton panen kopi per ha: 33,4 kg N, 6,1 kg P₂O₅, 44 kg K₂O (Snoeck & Lambot dalam Wintgens, 2004)

** Neraca = sumbangan - ekspor

penting dalam menyumbang unsur hara terutama nitrogen untuk menggantikan kehilangan unsur hara yang terangkut panen buah kopi. Dalam penelitian ini, tidak dilakukan pemangkasan pohon pelindung. Hairiah *et al.* (2000) melaporkan bahwa produktivitas seresah pohon pelindung hasil pangkasan jauh lebih banyak dengan kandungan N yang lebih tinggi sehingga akan memberi sumbangan hara yang lebih signifikan. Oleh karena itu agroekosistem kopi berpohon pelindung umumnya memerlukan masukan pupuk yang lebih rendah daripada agroekosistem kopi tanpa pohon pelindung (Baon *et al.*, 2003; Evizal dan Prasmatiwi, 2005).

Selain itu, seresah pohon pelindung juga merupakan sumber bahan organik yang

penting, di samping seresah dari guguran daun kopi dan seresah hasil penyiangan gulma yang mencapai 12–16 ton per hektar (Tabel 2). Seresah dan bahan organik merupakan sumber energi dan sumber karbon bagi kehidupan organisme dalam tanah. Organisme tanah, baik makro maupun mikroorganisme memberi layanan lingkungan yang penting keberlanjutan agroekosistem. Organisme tanah berperan dalam siklus karbon dan unsur hara tanah, modifikasi struktur tanah, serta interaksi jaring makanan (*food web*). Komunitas organisme tanah berperanan langsung maupun tidak langsung terhadap produktivitas agroekosistem (Barrios, 2007). Dengan demikian, pohon pelindung berpengaruh terhadap keberlanjutan agro-

ekosistem kopi karena menentukan hasil kopi dan produktivitas biomassa yang merupakan sumber kehidupan bagi organisme tanah.

KESIMPULAN

1. Dinamika kerontokan seresah pohon pelindung dan pohon kopi dipengaruhi oleh musim kemarau. Produktivitas seresah guguran dipengaruhi oleh jenis pohon pelindung.
2. Pohon pelindung memberi layanan lingkungan berupa memproduksi seresah, menekan pertumbuhan gulma, dan khususnya pohon cempaka mengurangi kerontokan daun kopi pada musim kemarau.
3. Agroekosistem berpelindung pohon gamal atau dadap memberi hasil kopi yang lebih tinggi daripada kopi tanpa pelindung dan kopi berpohon pelindung cempaka.
4. Pada agroekosistem tanpa pelindung serta kopi berpelindung gamal atau dadap, hasil kopi berkorelasi positif ($r = 0,99$) dengan produktivitas seresah dan berkorelasi negatif ($r = -0,82$) dengan biomassa gulma.
5. Produksi biomassa (rontokan seresah + gulma) pada kebun kopi tanpa pelindung dengan kopi berpelindung, tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.
6. Guguran seresah pohon pelindung sangat penting dalam menyumbang unsur hara terutama nitrogen untuk menggantikan kehilangan unsur hara yang terangkut panen buah kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penghargaan dan ucapan terima kepada pengelola CSM-BGBD Indonesia dan pengelola Hibah Doktor LPPM UGM atas dukungan pendanaan untuk pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Barrios, E. (2007). Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*. 64, 269–285.
- Baon, J.B.; Abdoellah; S. Pujiyanto & A. Wibawa (2003). Pengelolaan kesuburan tanah perkebunan kopi untuk mewujudkan usaha tani yang ramah lingkungan. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. 19, 107–123.
- Beer, J. (1988). Litter production and nutrient cycling in coffee (*Coffea arabica*) or cacao (*Theobroma cacao*) plantations with shade trees. *Agroforestry Systems*. 7, 103–114.
- Beer, J.; R. Muschler; D. Kass & E. Somarriba (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*. 38, 139–164.
- Bornemisza, E. (1982). Nitrogen cycling in coffee plantations. *Plant Soil*. 67, 241–246.
- Bote, A.D. (2007). *Physiological Effect of Shade on Growth and Production of Organic Coffee in Ethiopia*. Thesis, Wageningen University.
- CCCC & SAI Platform (2003). Common understanding of mainstream sustainable coffee. Sustainable Agriculture Initiative Platform.

- DaMatta, F.M. (2004). Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: A review. *Field Crops Res.* 86, 99–114.
- Erwoyono, R. & A.A. Prawoto (2008). Kondisi hara tanah pada budidaya kopi dengan tanaman kayu industri. *Pelita Perkebunan.* 24, 22–34.
- Evizal, R. (2004). Budidaya kopi konservatif di Sumberjaya Lampung Barat. *Jurnal Penel. Pertanian Terapan.* 4a, 40–60.
- Evizal, R. & F.E. Prasmatiwi (2005). Economic potentials of legume crops in plantation management. p. 62–72. *In:* B. Arifin, H. Ismono & M. Utomo (Eds.). *The Future Use of Legume Nodulating Bacteria (LNB) in Indonesia Technical and Economic Perspectives.* Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- N. Glover & J. Beer (1982). Nutrient cycling in two traditional Central America agroforestry. *Agroforestry Systems.* 4, 77–87.
- Hulupi, R. (1998). Variasi fenotipik beberapa sifat morfologi kopi Arabika berperawakan katai pada berbagai kondisi lingkungan. *Pelita Perkebunan.* 14, 1–9.
- Hairiah, K.; Widiyanto; S.R. Utami; D. Suprayogo; S.M. Sunaryo; Sitompul; B. Lusiana; R. Mulia & M. van Noordwijk (2000). *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi Pengalaman di Lampung Utara.* ICRAF. Bogor.
- IFOAM (1995). *IFOAM Guidelines for Coffee, Cocoa, and Tea.* www.ifoam.org.
- International Institute for Sustainable Development (IISD) (2003). Sustainability in the Coffee Sector: Exploring Opportunities for International Cooperation. U.N. *Conference on Trade and Development.*
- Lin, B.B. (2007). Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimates extremes in coffee agriculture. *Agric. and Forest Meteorology.* 144, 85S.M.94.
- Perfecto, I.; J. Vandermeer; A. Mas & L.S. Pinto (2005). Biodiversity, yield, and shade coffee certification. *Ecological Economics.* 54, 435–446.
- Prawoto, A.A. (2008). Hasil kopi dan siklus hara mineral dari pola tanam kopi dengan beberapa spesies tanaman kayu industri. *Pelita Perkebunan.* 24, 1–21.
- RDV-The World Bank (2002). Toward more sustainable coffee. *Agriculture Technology Notes.* 30, 1–4.
- Rice, R.A. (2008). Agricultural intensification within agroforestry: The case of coffee and wood products. *Agric. Ecosyst. Environ.* 128, 212–218.
- Rice, P. & J. Mclean (1999). Sustainable coffee at the cross. www.greenbeanery.ca/bean/documents/sustainable%20coffee.pdf.
- Rowe, E.C.; K. Hairiah; K.E. Giller; M. van Noordwijk & G. Cadisch (1999). Testing the safety-net role of hedgerow tree roots by ¹⁵N placement at different soil

- depths. *Agroforestry Systems*. 43, 81–93.
- Snoeck, D., F. Zapata & A. Domenach (2000). Isotopic evidence of the transfer of nitrogen fixed by legumes to coffee trees. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 4, 95–100.
- Starbucks Coffee Company (2007). *C.A.F.E. Practices, Generic Evaluation Guidelines*. Scientific Certification Systems.
- Wintgens, J.N. (2004). *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. Wiley-VCH. Weinheim.
