SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS KOPI : IKLIM MIKRO DAN SIMULASI MODEL DENGAN WaNuLCAS

NURSAL JALID[1], WQ MUGNISJAH[2], MA CHOZIN[2], ISWANDI ANAS[2], RIZALDI BOER[2] and M VAN NOORDWIJK[3]

1) Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu
2) Institut Pertanian Bogor
3) International center for Research In Agroforestry (ICRAF)

ABSTRACT

Coffee ranked fourth of export commodities from Indonesia after timber, rubber and oilpalm. Almost 90% of coffee is managed by smallholder, and 70% of that is monoculture. It Sumberjaya, Lampung farmers practice clean weeding. This practice tends to aggravate erosion and reduces infiltration. A decrease of coffee price it the last three years stimulates the farmers to interplant their coffee with food and horticultural crops. To increase the farmers income as well as to minimize land degradation, shade coffee systems with various intercrops are preferable. The interaction between coffee, other crops, soil and microclimate needs to be understood to manage such shade coffee well. A study of microclimate profiles in shade coffee was combined with model simulation of coffee-based agroforestry system using the WaNuLCAS Model from May 2002 to April 2003 at Sumberjaya, Lampung. The results showed no important differences in microclimate between four agroforestry systems. However, k value (extinction coefficient) under gliricidia (*Gliricidia sepium*) was higher than that of under jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) and sengon tree (*Paraserianthes falcataria*). The model predicted that the yield of coffee under gliricidia shade plant was comparable with the yield of coffee under monoculture system as the improved N supply compensates for the lower light available. Predicted yield of coffee under jackfruit and sengon shaded plant were lower than that of both former systems. The highest coffee biomass production among the four systems was obtained under coffee–gamal agroforestry system, followed by coffee monoculture, coffee-jackfruit, and coffee–sengon agroforetry systems.

Key word: Agroforestry, coffee, microclimate, model simulation, WaNuLCAS

PENDAHULUAN

Kopi adalah komoditi perdagangan yang sangat penting di dunia dan merupakan sumber devisa utama bagi banyak negara di daerah tropis. Hampir 20-25 juta penduduk dunia menggantungkan hidupnya dari kopi (NSCC, 1999). Di Indonesia, kopi menempati urutan keempat sebagai penghasil devisa non migas setelah kayu, karet, dan kelapa sawit (Muljodihardjo 1996). Luas kebun kopi secara nasional adalah sebesar 1.140.159 hektar dengan produksi sebesar 510.998 ton kopi beras. Sebagai komoditi ekspor, meskipun masih didominasi oleh bentuk produk primer, perolehan devisa dari kopi mencapai US$ 510.730.000 atau sekitar 1.2% dari pendapatan nasional serta mampu memberi kehidupan terhadap kurang lebih 7 juta jiwa (Tondok, 1999).

Sembilan puluh tiga persen dari luas kebun kopi di Indonesia merupakan kebun kopi rakyat (Ditjenbun, 2000). Provinsi Lampung dikenal sebagai sentra produksi kopi nasional bersama-sama dengan Provinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu. Pada tahun 1998, luas kebun kopi di Provinsi Lampung adalah sebesar 142.266 hektar dengan hasil rata-rata 447 kg/ha (Ditjenbun, 2000). Tiga tahun kemudian luas areal perkebunan kopi di daerah ini meningkat tajam menjadi 224.006 hektar dengan produksi sebesar 131.446 ton yang melibatkan sekitar 286.278 kepala keluarga pekebun kopi

Sistem produksi kopi dengan cahaya penuh sudah diterapkan sejak tahun 1940-an di Costa Rica (Swantz, 1997). Selama dua dasawarsa terakhir kopi monokultur berkembang pesat setelah ditemukan varietas kopi yang mampu beradaptasi dengan sinar

matahari penuh pada tahun 1970-an. Berbeda dengan kopi ternaungi, kopi monokultur memerlukan input kimia yang tinggi dan pengelolaan tanaman yang intensif (NSCC 1999).

Dibandingkan dengan kopi ternaungi, sistem monokultur dapat memberikan hasil 2-3 kali lebih besar bila kondisi lingkungan tempat kopi ditanam memenuhi syarat. Namun, bila ditanam pada lahan marjinal, keunggulan dalam hal produksi pada sistem ini tidak lagi didapatkan. Dengan demikian untuk daerah Sumberjaya dengan jenis tanah Ultisol akan lebih menguntungkan menanam kopi dengan sistem agroforestri. Penelitian agroforestri langsung di lapangan memerlukan dana yang banyak dan waktu yang lama.

Pengembangan model agroforestri yang mampu memperhitungkan pengaruh kondisi lokasi yang beragam dan menghasilkan keluaran yang mendekati kenyataan dapat menjembatani peneliti dengan praktisi agroforestri dalam mensintesis interaksi antar komponen dalam sistem agroforestri.

Saat ini tersedia beberapa model yang bisa digunakan untuk keperluan di atas. Salah satunya adalah model WaNuLCAS (Van Noordwijk dan Lusiana 2000). Model WaNuLCAS (*Water, Nutrient and Light Captured in Agroforestry Systems*) telah dicoba sebagai alat bantu diagnosis kesehatan tanah (Hairiah *et al.* 2000), mengevaluasi manfaat akar pohon sebagai jaring menyelamat hara (Suprayogo 2000), dan mengukur limpasan permukaan pada kebun kopi monokultur di Sumberjaya (Farida 2001).

BAHAN DAN METODA

Tempat dan Waktu

Penelitian lapang dilaksanakan di desa Simpangsari dan desa Laksana, Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat. Sumberjaya terletak antara 4° 56' 6'' dan 5° 11' 25'' LS dan antara 103° 33' 55'' dan 104° 17' 52'' BT. Ketinggian tempat berkisar antara 700 dan 1500 meter dari permukaan laut. Simulasi model sistem agroforestri kopi dilakukan di kantor ICRAF-SEA Regional Programme Bogor. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Mei 2002 sampai April 2003.

Bahan dan Alat

Penelitian menggunakan bahan tanaman kopi (var. *Robusta*) dan pohon pelindung (Gamal, Nangka dan Sengon) yang sudah tumbuh di lapangan. Alat yang diperlukan adalah peralatan untuk mengukur iklim mikro seperti solarimeter tabung untuk mengukur radiasi surya, termometer maksimum dan minimum untuk mengukur suhu udara, dan termometer tanah yang dihubungkan dengan multimeter digital model T-803B untuk mengukur suhu tanah

Metoda Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam tiga tahapan berikut: (1) survei parameterisasi pohon (kopi, gamal, sengon, dan nangka), (2) penelitian iklim mikro pada sistem produksi kopi di Sumberjaya, Lampung, dan (3) penelitian simulasi untuk mendapatkan sistem agroforestri yang tepat dengan menggunakan model simulasi WaNuLCAS.

Kegiatan parameterisasi pohon diperlukan untuk memperbaharui data parameter pohon yang akan diuji dengan model TreePotGro. Luaran dari kegiatan ini adalah mendapatkan gambaran potensi pertumbuhan pohon dalam kondisi sumber pertumbuhan tidak terbatas.

Metoda survei menggunakan teknik wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. Pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling method*, dengan kata lain, petani yang diwawancarai adalah petani pemilik/penggarap kebun kopi yang dijadikan sebagai plot pengamatan iklim mikro. Protokol survei parameterisasi pohon mengikuti Rachmat *et al.* (2001).

Data yang dikumpulkan terbatas kepada data yang dianggap sensitif seperti fenologi tanaman (siklus vegetatif, siklus generatif, LAI, bentuk kanopi, koefisien pemadaman, dan radiasi intersepsi). Data *fractal branching* mengikuti Farida (2001) untuk parameterisasi kopi, dan menurut van Noordwijk dan Lusiana (2000) untuk tanaman pelindung (gamal, sengon dan nangka).

Pengukuran profil iklim mikro bertujuan mempelajari keragaman intensitas radiasi surya, suhu dan kelembaban di bawah kanopi pohon pelindung pada beberapa zona yang berbeda dalam sistem agroforestri kopi.

Sistem agroforestri yang akan dipelajari profil iklim mikronya adalah sebagai berikut: (1) kopi monokultur, (2) kopi ternaungi oleh glirisidia, (3) kopi ternaungi oleh sengon, dan (4) kopi ternaungi oleh nangka.

Pengukuran dilakukan selama sepuluh hari, mulai pukul 06.00 pagi sampai 18.00 sore. Untuk mendapatkan gambaran data suhu (tanah dan udara) dan kelembaban udara relatif di malam hari, dilakukan pengamatan selama dua kali 24 jam untuk masing-masing sistem agroforestri di atas.

Pengujian teknologi agroforestri.

Beberapa model agroforestri dievaluasi dengan menggunakan model WaNuLCAS yang sudah divalidasi. Model agroforestri yang dievaluasi ialah agroforestri berbasis kopi. Perlakuan yang dicoba ialah jenis naungan yaitu *Gliricidia sepium*, *Paraserianthes falcataria*, dan *Artocarpus heterophylus*, sehingga diperoleh 3 kombinasi sistem agroforestri:

(1) agroforestri berbasis kopi dengan tanaman naungan *Gliricidia sepium*
(2) agroforestri berbasis kopi dengan tanaman naungan *Paraserianthes falcataria*.
(3) agroforestri berbasis kopi dengan tanaman naungan *Artocarpus heterophylus*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tanah dan iklim

Kandungan C-organik, N total, P tersedia, K, Ca dan Mg yang dapat dipertukarkan pada masing-masing sistem agroforestri kopi di Sumberjaya ditampilkan pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Sifat kimia tanah pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung, 2003.

No.	Sifat kimia	Kopi mono	Kopi-gamal	Kopi-nangka	Kopi-sengon
1.	C-organik (%)	2,41	2,17	2,52	2,13
2.	N total (%)	0,21	0,28	0,21	0,21
3.	P (ppm)	108	71,00	109	71,00
4.	K (me/100g)	0,06	0,06	0,07	0,00
5.	Ca (me/100g)	1,33	4,00	1,95	2,28
6.	Mg (me/100g0	0,06	0,74	0,63	0,10

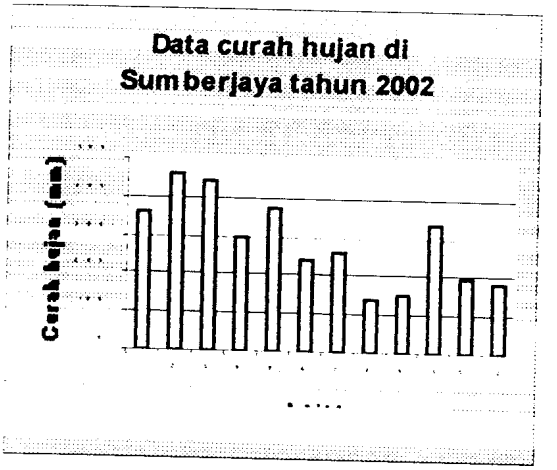
Hasil analisis laboratorium Puslitbangtanak, Bogor.

Kandungan C-organik dan N total tanah, relatif sama pada semua sistem, yaitu berkisar antara 2.13 – 2.52 % dan 0.21 –0.28 %. Sedangkan P tersedia pada sistem monokultur dan kopi-nangka lebih tinggi dari pada sistem kopi-gamal dan kopi-sengon. Ca dan Mg tertinggi diperoleh pada sistem kopi-gamal. Perbedaan sifat kimia tanah sistem agroforestri berbasis kopi lebih banyak disebabkan oleh perbedaan lokasi penetapan kebun sampel. Kebun kopi yang digunakan untuk mengukur iklim mikro pada sistem kopi-gamal dan kopi-sengon terletak di desa Simpangsari dengan topografi lahan relatif sama, sementara kebun sampel untuk kopi monokultur dan kopi-nangka terletak di desa Laksana pada satu hamparan. Mardiastuning (2003) melakukan pengukuran di hamparan yang sama dengan hasil analisis C-organik antara 1.46 – 3.8 %; N-total antara 0.21 – 0.35 %; dan Tekstur pasir antara 13.53 – 17.47, debu 31.69 – 38.08, dan liat 46.21 – 54.78 %.

Jenis tanah yang dominan di Sumberjaya, Lampung adalah *Inceptisol*, dicirikan dengan tingkat perkembangannya yang relatif muda, berkembang dari bahan induk vulkan muda. Pada tingkat great group tanah tersebut terdiri dari *Humitropepts*, *Dystropepts*, *Dystrandepts* dan *Tropaquepts*. *Humitropepts* dan *Dystropepts* mepunyai kandungan C-organik yang tinggi; *Dystrandepts* didominasi abu vulkanik vitrik; dan *Tropaquepts* bercirikan regim kelembaban aquik dan perbedaan temperatur tahunan < 5 °C pada musim panas dan dingin (Agus *et al.*, 2002).

Data curah hujan di Sumberjaya pada tahun 2002 ditampilkan pada Gambar 1. Dari gambar tidak terdapat bulan kering (curah hujan < 100 mm). Curah hujan terendah terjadi pada bulan Agustus, September, Nopember, dan Desember. Puncak hujan terjadi pada bulan Februari dan Maret 2002, selanjutnya menurun sampai September 2002.

Sumberjaya termasuk dalam tipe iklim Af menurut klasifikasi iklim Koppen atau tipe A berdasarkan Schmidt-Ferguson, yaitu tidak memiliki bulan kering. Curah hujan rata-rata tahunan 2.614 mm/tahun. Suhu udara rata-rata harian 21.2 °C, dengan suhu udara terendah 20.3 °C dan tertinggi 21.7 °C (Agus *et al.* 2002).



Gambar 1. Data curah hujan tahun 2002 di Sumberjaya, Lampung.

Parameterisasi Pohon

Perbaikan parameterisasi pohon yang digunakan dalam model dilakukan wawancara langsung dengan petani kopi yang lahannya dijadikan sebagai sampel untuk pengamatan iklim mikro. Hasil wawancara divalidasi dengan studi literatur. Data yang tidak diperoleh dari survei dan literatur, digunakan data *default* yang sudah tersedia dalam model. Parameter pohon kopi yang diperbarui mencakup *length of vegetative cycle, length of generative cycle, earliest day to flowering, initial stage, stage after pruning, maximum growth rate, leaf area index, and extinction light coefficient.*

TreePotGro

Untuk mendapatkan gambaran potensi pertumbuhan tanaman dalam kondisi lingkungan optimal, yaitu ketersediaan air, hara dan cahaya tidak terbatas, diduga dengan simulasi model TreePotGro. Hasil simulasi ditampilkan pada Gambar 2. Dari Gambar 2 diperoleh informasi bahwa dalam kondisi optimal, sengon tumbuh lebih baik dibandingkan dengan kopi, gamal, dan nangka. Sengon dapat menghasilkan biomasa sekitar 15 kg/m^2 (setara denga 150 ton/ha). Sedangkan kopi, gamal, dan nangka menghasilkan biomasa yang relatif sama yaitu sekitar 9 kg/ m^2 (setara 90 ton/ha) . Sengon banyak ditanam petani kopi sebagai pohon pelindung sekaligus sebagai penghasil kayu (*timber*).

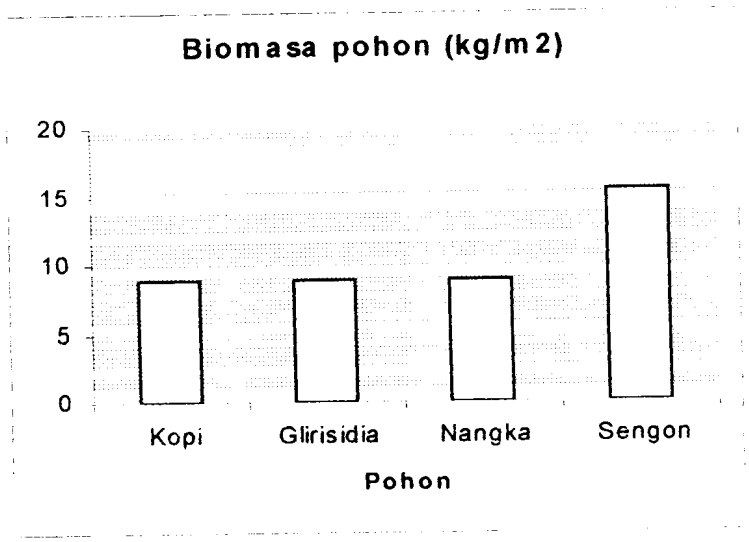
Iklim Mikro

1. Koefisien pemadaman (k)

Data koefisien pemadaman (k) radiasi surya oleh pohon pelindung pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung ditampilkan pada Tabel 2 di bawah ini. Nilai k dihitung berdasarkan persamaan Beer yang sudah dimodifikasi oleh Boer (1997) sebagai berikut:

$$I = Io - \exp^{(-kLAI)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

pelindung dengan I = radiasi yang diteruskan oleh tajuk tanaman. Io = radiasi yang sampai di atas tajuk tanaman (tempat terbuka). k = koefisien pemadaman dan indek luas daun (LAI) tanaman pelindung.



Gambar 2. Potensi pertumbuhan tanaman pada kondisi hara. air dan cahaya tidak terbatas diduga dengan model TreePotGro. 2003.

Tabel 2. Nilai k pohon pelindung pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya. Lampung. 2003.

No.	Sistem Agroforestri	Nilai k
1.	Kopi monokultur	0
2.	Kopi dengan pohon naungan gamal	0.5361
3.	Kopi dengan pohon naungan nangka	0.3670
4.	Kopi dengan pohon naungan sengon	0.2404

Dari Tabel 2 terlihat bahwa kanopi gamal dapat mengintersepsi cahaya > 50%. Sedangkan kanopi nangka dan sengon mengintersepsi cahaya matahari masing-masing 37 dan 24 %. Beer *et al* (2000) mengatakan bahwa untuk tanaman kopi. naungan sekitar 50 % memberikan pertumbuhan kopi yang lebih baik dibandingkan dengan naungan yang lebih tinggi atau lebih rendah.

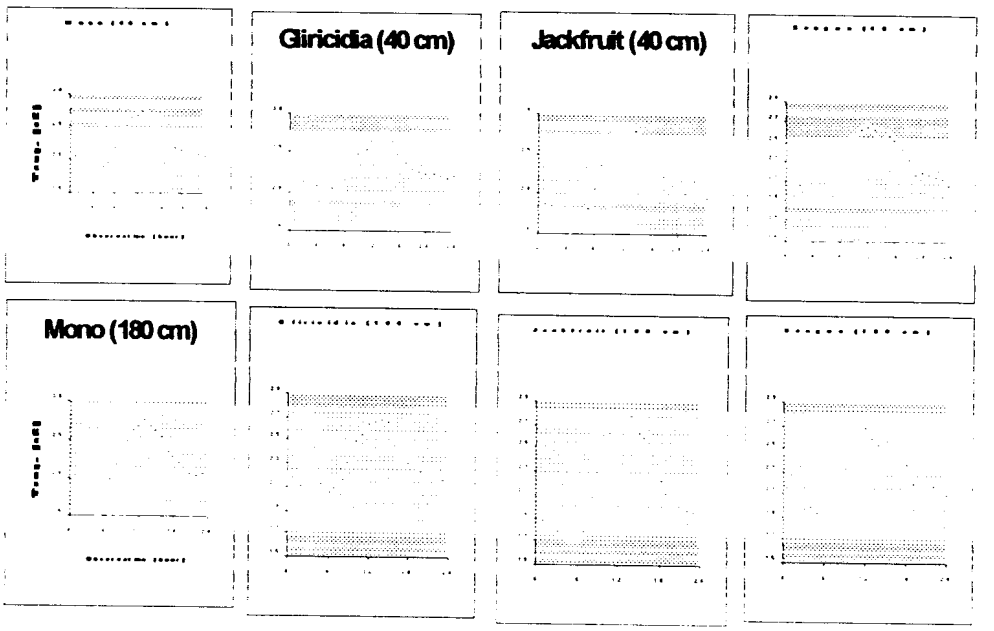
Pengaruh naungan terhadap hasil kopi dilaporkan bahwa pohon pelindung (naungan) menurunkan hasil tanaman kopi antara 9-34% tergantung dari populasi pohon pelindung yang digunakan (Baggio *et al.* 1997; Mitchell 1988). Kopi yang dinaungi memiliki bunga lebih sedikit karena terhambatnya inisiasi bunga. Jumlah buku/cabang meningkat seiring dengan meningkatnya hasil/pohon pada tahun berikutnya (Kumar dan Tieszen. 1980). Tingkat naungan sekitar 50% pada tanah bagus tidak begitu terlihat pengaruhnya pada hasil tanaman kopi. namun pada tanah yang kurang bagus naungan meningkatkan hasil kopi 20-60%. menekan biaya pengendalian gulma sampai 70% selama 2-3 tahun. dan

sebagai zona penyangga agroforestri, menghasilkan kayu (Beer *et al.* 1998).

Suhu udara

Suhu udara pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung ditampilkan pada Gambar 3. Dari analisis statistik didapatkan bahwa suhu udara pada ketinggian (40 dan 180 cm) dan zona (100, 225, 350 cm dari pohon pelindung) yang berbeda, tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata ($P > 0.05$). Pohon pelindung belum mampu memodifikasi iklim mikro pada kebun kopi. Hal ini disebabkan sistem yang dijadikan sebagai kebun sampel tidak merupakan sistem yang utuh. Pengukuran baru dilakukan pada pohon pelindung yang ditanam secara acak dan menggunakan metoda sistem *parkland* yang mengukur variasi suhu udara pada tiga zona (jarak antara titik pengukuran dengan pohon pelindung) pengukuran.

Beberapa hasil penelitian dilaporkan bahwa pohon pelindung dapat menurunkan suhu rata-rata 7 °C pada siang hari dan meningkatkan suhu rata-rata 3 °C pada malam hari di Indonesia. Sementara di Afrika Timur, mampu meningkatkan suhu rata-rata 4-5 °C pada malam hari (Wrigley 1988).



Gambar 3. Rata-rata suhu udara pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung. 2003.

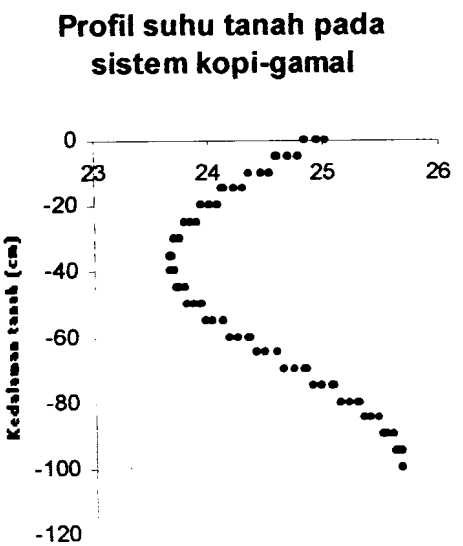
Di Brazil, tanaman kopi sering terserang kabut. Pada suhu –3 dan –4 °C kabut dapat menyebabkan kerusakan yang sangat parah pada tanaman kopi. Dengan penggunaan pohon pelindung, mampu menekan kerusakan oleh kabut tersebut karena suhu udara pada malam hari dapat ditingkatkan (Caramori *et al.* 1996).

Hasil penelitian di Mexico dilaporkan bahwa disamping menurunkan kecepatan angin, pohon pelindung pada tanaman kopi dapat juga menurunkan suhu sekitar 5,4 °C pada siang hari dengan suhu >40 °C dan meningkatkan suhu sekitar 1,5 °C pada malam hari (Beer *et al.* 1998).

Suhu tanah

Berbeda dengan suhu udara, suhu tanah pada tiga kedalaman (5, 10, dan 20 cm) pada sistem agroforestri kopi di Sumberjaya, Lampung memperlihatkan perbedaan yang nyata ($P < 0.05$).

Dengan menggunakan rumus $T(z,t) = \bar{T} + A0 \sin(wt-z/D)$ dapat dihitung nilai suhu tanah pada beberapa kedalaman pada jam tertentu (Nofziger, 2003). Dari perhitungan tersebut diperoleh profil suhu tanah seperti Gambar 4. Dari Gambar 4 terlihat bahwa tidak terdapat perbedaan profil suhu tanah antara masing-masing sistem agroforestri kopi. Ini berarti suhu tanah pada kedalaman yang sama tidak berbeda nyata antara sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung. Namun demikian, suhu tanah pada kedalaman 0 – 40 cm terjadi penurunan yang sangat tajam. Kemudian, suhu bergerak naik dengan bertambahnya kedalaman tanah. Pada kedalaman tanah 100 cm, suhu tanah lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tanah pada kedalaman 0 – 10 cm.



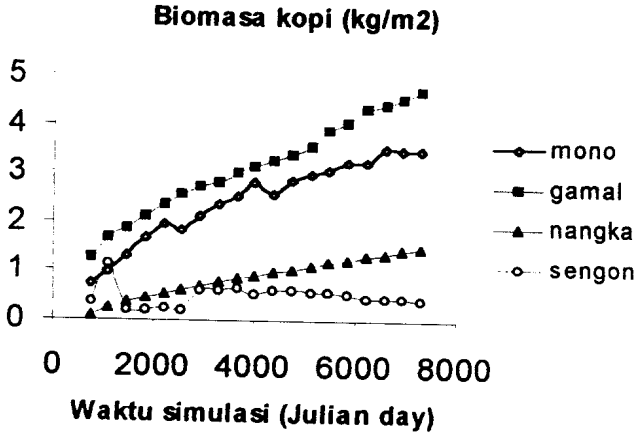
Gambar 4. Profil suhu tanah pada beberapa kedalaman dihitung dengan damping depth = 20, pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung.2003.

Simulasi Model Sistem Agroforestri Berbasis Kopi dengan WaNuLCAS

Biomasa kopi

Hasil pendugaan biomasa kopi dengan model WaNuLCAS ditampilkan pada Gambar 5. Dari Gambar 5 terlihat bahwa biomasa kopi tertinggi didapat pada kopi yang ditanam dengan gamal sebagai pohon pelindung. Kemudian diikuti oleh kopi monokultur, kopi dengan pohon pelindung nangka, dan biomasa kopi terendah diperoleh pada kopi yang ditanam dengan pohon pelindung sengon. Sengon (*Paraserianthes falcataria*) tergolong jenis pohon yang tumbuh cepat (*fast growing tree*) dan dapat mengikat N bebas dengan bantuan bakteri Rhizobium, namun pada sistem agroforestri kopi di Sumberjaya dengan kelerengan > 40%, ternyata sengon tidak dapat memberikan pengaruh baik terhadap pertumbuhan kopi. Sebaliknya, gamal (*Gliricidia sepium*) yang juga tergolong *N-fixing tree* dan merupakan tanaman yang memiliki tingkat transpirasi tinggi, dapat memberikan pengaruh positif pada pertumbuhan kopi. Dari beberapa hasil penelitian dilaporkan bahwa gamal memiliki pengaruh positif (F-C) 63% yang artinya gamal meningkatkan kesuburan tanah jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat persaingannya dengan tanaman kopi dalam menyerap air, hara dan cahaya (van Noordwijk *et al.* 1996 *dalam* Suprayogo, 2000). Biomasa hasil pangkasan dan serasah gamal dapat menggantikan pupuk N setara 60 kg/ha/tahun (Beer, 1988).

Pemangkasan gamal mendaur ulang biomasa pohon dan mengurangi immobilisasi hara pada pohon pelindung. Pemangkasan juga menurunkan laju transpirasi dan menekan persaingan terhadap penyerapan air dengan tanaman kopi. Namun, pemangkasan yang terlalu sering akan menghabiskan daun pohon pelindung. Kondisi ini akan menyebabkan nodul mati sehingga aktivitas nodul menurun drastic.

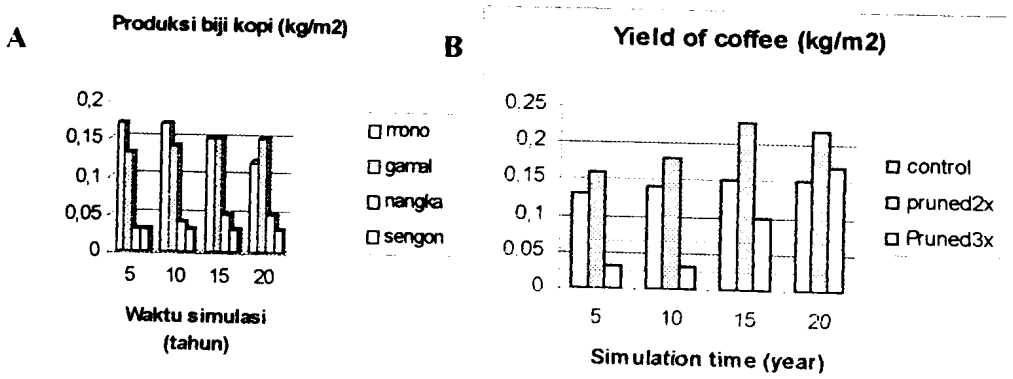


Gambar 5. Pendugaan biomasa kopi dengan WaNulCAS pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung. 2003.

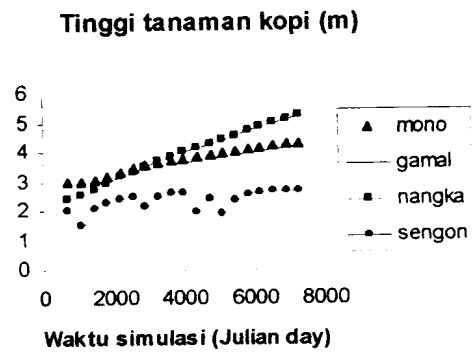
Produksi biji kopi

Hasil biji kopi menurut model simulasi dengan WaNuLCAS di tampilkan pada Gambar 6 A. Hasil biji kopi pada sistem agroforestri kopi-gamal relatif sama sampai tahun ke 15 dengan kopi monokultur. Setelah itu, kopi-gamal memberikan hasil yang lebih tinggi. Sedangkan hasil kopi yang ditanam dengan nangka dan sengon jauh lebih rendah dibandingkan dengan hasil kopi, baik yang ditanam secara monokultur maupun yang ditanam dengan sistem agroforestri kopi-gamal. Bila pada sistem agroforestri kopi-gamal dilakukan pemangkasan terhadap pohon pelindung dengan interval 2 kali setahun hasil biji kopi berbeda dibandingkan dengan pemangkasan 3 kali setahun (Gambar 6 B).

Gambar 6. Produksi kopi pada empat sistem agroforestri kopi (A) dan produksi kopi-gamal yang dipangkas (B) diduga dengan WaNuLCAS di Sumberjaya, Lampung. 2003.



Pemangkasan terhadap gamal 2 kali setahun, memberikan hasil kopi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Temuan yang menarik untuk dibahas adalah perolehan hasil kopi yang jauh lebih rendah bila pohon pelindung gamal dipangkas 3 kali setahun. Namun setelah tahun ke-14, hasil kopi meningkat dan melewati hasil kopi kontrol setelah tahun ke-18. Terjadinya kenaikan hasil kopi-gamal yang dipangkas 3 kali setahun setelah tahun ke-14 diduga disebabkan oleh terhentinya pertumbuhan tanaman sengon karena hasil fotosintesis tidak mencukupi untuk melanjutkan pertumbuhan. Pada stadia ini respirasi untuk pertumbuhan terhenti dan karbohidrat cadangan digunakan untuk respirasi *maintenance* sampai cadangan makananan habis dan tanaman mati. Menurut de Vries *et al.* (1989) respirasi untuk *maintenance* lebih diprioritaskan daripada respirasi untuk pertumbuhan dan proses metabolis lain yang memerlukan energi. Oleh sebab itu, bila karbohidrat sudah terkuras sampai batas tertentu, respirasi untuk pertumbuhan berhenti sementara respirasi untuk *maintenance* tetap berlanjut.



Gambar 7. Tinggi tanaman kopi pada empat sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung yang diduga dengan WaNuLCAS. 2003.

1. Tinggi tanaman kopi

Tinggi tanaman kopi pada sistem agroforestri berbasis kopi ditampilkan pada Gambar 7. Kopi yang ditanam dengan pohon pelindung nangka lebih tinggi dibandingkan dengan kopi monokultur dan kopi dengan pohon pelindung gamal. Kopi terendah diperoleh pada skenario kopi dengan pohon pelindung sengon. Data simulasi tinggi tanaman kopi mengikuti kecenderungan produksi biomasa dan hasil biji kopi. Pada empat sistem agroforestri yang dianalisis, diperoleh tanaman kopi terendah pada sistem kopi-sengon dan kopi tertinggi didapat pada sistem kopi-nangka

2. Faktor penghambat pertumbuhan

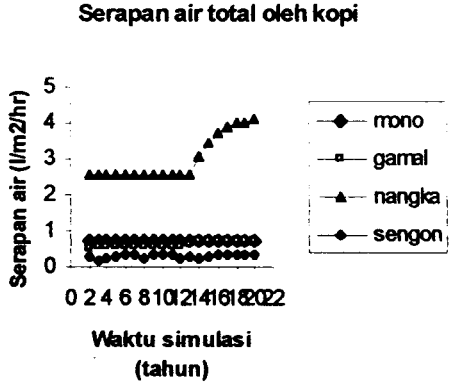
Dari tiga sumberdaya alam yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman seperti air, hara dan cahaya, maka sistem agroforestri kopi lebih memerlukan banyak air dibandingkan dengan kopi monokultur. Sistem agroforestri kopi dengan gamal memerlukan air yang lebih banyak karena gamal tergolong tanaman dengan kemampuan transpirasi tinggi. Sementara kopi nangka diawal pertumbuhannya, mengalami cekaman air sekitar 20%, namun meningkat menurut waktu. Dilain pihak, kopi sengon mengalami hambatan ketersediaan air sekitar 30% dari awal sampai akhir pertumbuhan kopi. Ketersediaan hara nitrogen tidak terganggu pada kopi nangka, kopi gamal dan kopi sengon, tapi pada kopi monokultur kekurangan N meningkat menurut waktu. Sama halnya dengan N, kekurangan P terjadi pada kopi monokultur dan pada kopi gamal serta kopi sengon. Sedangkan pada sistem kopi nangka, tanaman kopi mengalami kekurangan P pada awal pertumbuhannya, setelah itu secara berangsur-angsur kekurangan P menurun menurut waktu.

Cekaman air pada tanaman merupakan salah satu kendala utama dalam usaha pertanian. Kehilangan air pada jaringan

tanaman akan menurunkan turgor sel, meningkatkan konsentrasi makromolekul, serta senyawa-senyawa dengan berat molekul rendah. Cekaman air juga mempengaruhi membran sel dan potensi aktivitas kimiawi dari air dalam tanaman. Semua proses tersebut akan mempengaruhi metabolisme tanaman. Proses yang paling peka terhadap cekaman air adalah pertumbuhan sel. Cekaman air menyebabkan turgor menurun dan selanjutnya menahan laju pembesaran sel. Turgor yang tinggi pada umumnya hanya terjadi pada malam hari, sehingga laju tumbuh pada malam hari dapat lebih tinggi daripada siang hari. Pengaruh yang langsung tampak akibat cekaman air berkepanjangan adalah berkurangnya laju pertumbuhan sehingga ukuran tanaman, serta produksi lebih rendah dibandingkan dengan tanaman normal (Kramer, 1983).

Petani kopi di Sumberjaya melakukan pengendalian gulma secara intensif. Kebun kopi yang disiangi secara bersih tanpa meninggalkan rerumputan di lantai kebun akan menghadapi resiko kekeringan. Pengendalian gulma dengan menanam tanaman penutup tanah jenis *Calopogonium caeruleum* dapat mengkorsevasi air dari 13,60% dengan siang biasa menjadi 20,35% di bawah tanaman penutup tanah pada kedalaman 0-15 cm, dan dari 16% menjadi 22% pada kedalaman 15-30 cm. Ditinjau dari gejala kekeringan di daun terlihat bahwa tanaman yang disiang didapatkan skor kekeringan daun 2,75 (50% daun kering), sedangkan di bawah tanaman penutup tanah dengan skor 1,61 (25% daun kering) (Nur dan Zaenudin, 1995).

Serapan air total oleh tanaman kopi cukup rendah kecuali pada sistem kopi-nangka (Gambar 8). Hal ini erat kaitannya dengan struktur perakaran tanaman nangka. Berbeda dengan gamal dan sengon, nangka memiliki sistem perakaran dalam sehingga mampu menyerap air pada lapisan tanah yang lebih dalam. Oleh karena itu, kopi tidak mendapat persaingan dari pohon pelindung nangka dalam menyerap air tanah sehingga lebih banyak menyerap air dibandingkan dengan kopi yang ditanam dengan pohon pelindung gamal atau sengon.



Gambar 8 Serapan air total oleh tanaman kopi pada empat sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung diduga dengan WaNuLCAS. 2003.

3. Kandungan C, N dan P dalam Bahan Organik Tanah

Stok karbon, nitrogen dan fospor dalam bahan organik tanah pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung ditampilkan pada Gambar 9. Pada Gambar 9 terlihat bahwa karbon stok (g/m^2) pada kopi sengon sedikit lebih tinggi dibandingkan pada sistem agroforestri kopi lainnya. Kecenderungan yang sama juga terlihat pada kandungan N dan P dalam bahan organik tanah pada sistem agroforestri kopi di Sumberjaya, Lampung.

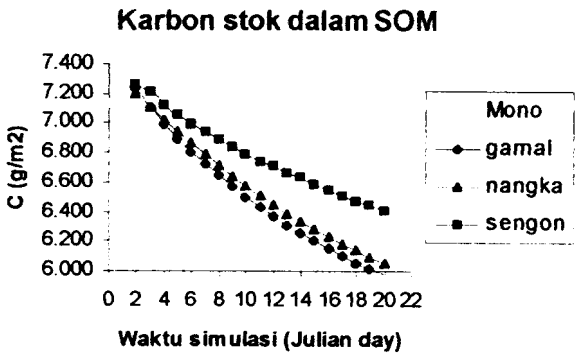
Gliricidia sepium tergolong biomasa berkualitas bagus dengan kandungan N sebesar 4,57%, lignin 11 % dan polifenol 1,8

% (Hairiah *et al.* 2000). Kandungan lignin gamal yang cukup tinggi dan polyphenol rendah tersebut menyebabkan serasah gamal lebih mudah terdekomposisi dan cocok dijadikan sebagai pupuk organik (Palm *et al.* 2000).

Ketebalan sarasah sangat erat kaitannya dengan laju limpasan permukaan. Pada lahan yang tingkat penutupan tinggi seperti kondisi hutan, akan diperoleh laju limpasan permukaan yang lebih besar apabila serasah dan pohon-pohon kecil dipermukaan tanah dibersihkan. Karena tetesan hujan dari tajuk pohon setinggi > 7 meter memiliki energi kinetik yang lebih tinggi dari hujan yang jatuh bebas di ruang terbuka. Kondisi seperti ini akan meningkatkan laju erosi. Hal ini disebabkan butir-butir air yang tertahan di daun akan saling terkumpul membentuk butiran air (*leaf-drip*) yang lebih besar, sehingga secara total justru meningkatkan erosivitas hujan (Agus. *et Al.* 2002).

Mardiastuning (2003) melaporkan adanya hubungan antara persentase penutupan lahan dengan ketebalan sarasah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Sumberjaya, Lampung. Sistem kopi monokultur hanya mampu menutupi permukaan tanah sekitar 45,6 %. Sementara kopi naungan dan kopi campuran menutupi lahan masing-masing 63 dan 70 %,. Dari penelitian tersebut terdapat hubungan antara keduanya dengan persamaan $Y = 0.1998\,X + 2.1305$ ($R^2 = 82\%$).

Kandungan C-organik tanah menurun dengan meningkatnya umur tanaman pada sistem agroforestri berbasis kopi. Walaupun semakin tua umur tanaman, semakin banyak serasah yang jatuh dan menutupi permukaan lahan, tidak diikuti oleh meningkatnya kandungan hara pada bahan organik tanah (C-org, N dan P).



Gambar 9. Kandungan C-organik pada bahan organik tanah pada empat sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung. 2003.

Hal ini disebabkan tingkat dekomposisi bahan organik lebih lambat dibandingkan dengan mineralisasi hara dalam tanah. Sehingga serasah yang sudah terbentuk tidak mampu mengganti hara yang sudah terkuras dalam tanah baik diserap oleh tanaman maupun tercuci oleh air erosi atau air perkolasi ke lapisan tanah yang lebih dalam. Mardiastuning (2003) menemukan hubungan negatif antara ketebalan serasah dengan kadar C-organik tanah pada beberapa sistem penggunaan lahan di Sumberjaya, Lampung.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Profil iklim mikro pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata.
2. Pohon pelindung gamal mengintersepsi radiasi surya lebih tinggi (53 %) dibandingkan dengan pohon pelindung nangka (37 %) dan sengon (24 %). Berdasarkan tingkat naungan yang

dibandingkan dengan pohon pelindung nangka (37 %) dan sengon (24 %). Berdasarkan tingkat naungan yang diinginkan kopi sekitar 50 %, maka pohon pelindung gamal merupakan pohon pelindung terbaik pada sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya, Lampung.

3. Biomasa dan produksi biji kopi pada sistem agroforestri kopi – gamal relatif sama dengan biomasa dan produksi sistem kopi monokultur. Bila dilakukan pemangkasan 2 kali setahun terhadap gamal, maka hasil yang diperoleh lebih tinggi dari kopi monokultur. Biomasa dan produksi kopi pada sistem kopi-nangka dan kopi -sengon kurang dari separohnya.
4. Faktor penghambat produksi yang dominan pada keempat sistem agroforestri berbasis kopi di Sumberjaya adalah ketersediaan fosfor. Sedangkan air ditemui pada sistem kopi-gamal dan nitrogen pada sistem kopi monokultur.
5. Kandungan karbon, nitrogen dan fosfor pada bahan organik tanah di bawah sistem kopi-sengon lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan karbon, nitrogen serta fosfor di bawah tiga sistem yang lain. Kandungan unsur tersebut menurun dengan meningkatnya umur tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

Agus F. Gintings A. N dan van Noordwijk M. 2002. Pilihan teknologi agroforestri/konservasi tanah untuk areal pertanian berbasis kopi di Sumberjaya. Lampung Barat. International Centre for Research in Agroforestry.

Baggio AJ. Caramori PH. Androcioli Filho A. Montoya L. 1997. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stockings of *Grevilea robusta*. *Agroforestry Systems* 37:111-120.

Beer J. Muschler R. Kass D. Somarriba E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.

Boer R. 1997. Pemanfaatan data iklim dalam pembuatan model deterministic. Makalah disajikan pada Pelatihan Petugas Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit. Direktorat Bina Perlindungan Tanaman. Jatisari 7-12 Juli 1997.17 hal.

Carramori PH. Androcioli Filho A. Leal AC. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth. for frost protection in Southern Brazil. *Agroforestri systems* 33:205-214.

De Vries P. Jansen D.M. Ten Berge M. C. M. and Bakema A. H. 1989. Simulation of Ecophysiological Process of Growth of Several Annual Crops. Pudoc-IRRI. Wageninger – Los Banos.

De Willigen P. van Noordwijk. M. 1994. Diffusion and mass flow to a root with constant nutrient demand or be having as a zero-zink. *Soil Sci.* 157:162-175.

[Dirjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2000. Statistik Perkebunan Indonesia 1998 – 2000: Kopi. Dephutbun Jakarta. Halaman 1-26.

Farida. 2001. Analisis limpasan permukaan pada berbagai umur kebun kopi di Sumberjaya. Lampung Barat. [Skripsi]. Jurusan GFM-FMIPA IPB Bogor.

Hairiah K. Widianto. Utami SR. Suprayogo D. Sunaryo. Sitompul SM. Lusiana B. Mulia R. van Noordwijk M. Cadisch D. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi. DFID - ICRAF Bogor.

Kramer P.J. 1983. Academic Press. INC. Onlando. Florida 32887.

Kumar D. Tieszen LL. 1980. Photosynthesis in *Coffea arabica* L. I. Effects of light and temperature. Exp. Agric 16:13-19.

Mardiastuning A. 2003. Hubungan ketebalan sarasah dan pori makro tanah dengan tingkat infiltrasi tanah pada berbagai kelerengan pada sistem agroforestri berbasis kopi [Tesis]. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Mitchell HW. 1988. Cultivation and harvesting of the arabica coffee: 43-90. *In* Clarke RJ and Macrae R (Ed.). Coffee. Volume 4: Agronomy. Elsevier Applied Science. London and New York.

Muljodihardjo S. 1996. Kebijaksanaan Pengembangan Kopi di Indonesia. Temu Wicara Gelar Teknologi Pengembangan kopi Arabika di Lampung Barat. Liwa. 16-18 Januari 1996.

Muschler R. Beer J. 2001. Multistrata agroforestry systems with perennial crops [preface]. Agroforestry Systems *53: v-vi.*

Nofziger D. L. 2003. Soil temperature changes with time and depth [online series]. [November 02. 2003].

Noveras H. 2002.Dampak konservasi hutan menjadi perkebunan kopi monokultur terhadap konservasi tanah dan air di Sumberjaya. Lampung Barat [Tesis]. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Nur. AM dan Zaenudin. 1995. Tanggapan Tanaman Kopi Robusta terhadap Cekaman Kekeringan pada Berbagai Perlakuan Pengendalian Gulma. Jurnal Pen. Kopi dan Kakao 11(1):22-30.

Palm C. A. Gachengo C. N. R. J. Delve. G. Cadisch. K. E. Giller. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems:application of an organic resource database. Agric. Eco & Mgt 83: 27-42.

Rachmat M. Purnomosidi. B. dan Lusiana B. 2001. Tree Parameterization in WaNuLCAS Model (Draft). International Centre for Agroforestry Research. SEA-Regional Programme. Bogor.

Suprayogo D. 2000. Testing the safety-net hypothesis in hedgerow intercropping: water balance and mineral-N leaching in the humid tropics. [Disertasi PhD]. Department of Biology Imperial College of Science. Technology and Medicine. University of London.

Swantz S. 1997. Shedding light on shade grown coffee. [serial online]. [9 Oktober 2001].

Tondok AR. 1999. Kebijakan pengembangan kopi di Indonesia. Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao 15(1):1-21.

Van Noordwijk M. 1996. Mulch and shade model for optimum alley cropping design depending on soil fertility. 51-72. *In* Ong CK and Huxley P (eds.). 1996. Tree-Cropp Interactions: A Physiological Approach. CAB International.

Van Noordwijk M. Lusiana B. 2000. WaNuLCAS version 2.0. Background on A Model of Water Nutrient and Light Capture in Agroforestri Systems. International Centre for Research in Agroforestri (ICRAF). Bogor. Indonesia.

Wrigley. G. 1988. Coffee. Tropical Agriculture Series. Longman Scientific & Technical. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. 639p.

DISKUSI

Tanya : Putu Wigena (Puslitbang Tanak)

Bahan organik dengan sistem Agroforestry fakta apa yang mempengaruhi hal tersebut.

Jawab :

Pengaruh dengan model wanulcas budidaya

Tanya : (Iswandi H. Basri. BPTP Bengkulu)

Bagaimana sebetulnya agroforestry kopi di Indonesia monokultur atau Agroforestry

Jawab :

Pada umumnya di Indonesia sebagian besar monokultur, tetapi pada saat ini sudah mulai mengarah kepada agroforestry.