

Manajemen kanopi pohon penaung kopi di sistem agroforestri: Pembandingan pengetahuan ekologi petani kopi dengan pengetahuan ekologi modern

The management of coffee shade tree canopy in agroforestry systems: Comparing coffee farmers' ecological knowledge with modern ecological knowledge

EKA PURNAMASARI¹, IRMA ARDI KUSUMAWATI², MILA OKTAVIA MARDIANI¹,
DHEA KURNIA PRATIWI³, KURNATUN HAIRIAH⁴✉

¹Program Pascasarjana Pengelolaan Tanah dan Air, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

²Program Pascasarjana Pengelolaan Sumberdaya Lingkungan dan Pembangunan, Universitas Brawijaya

³Manajemen Sumberdaya Lahan, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya

⁴Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia.
✉email: kurniatun_h@ub.ac.id

Manuskrip diterima: 1 Desember 2021. Revisi disetujui: 21 Desember 2021.

Abstrak. Purnamasari E, Kusumawati IA, Mardiani MO, Pratiwi DK, Hairiah K. 2022. Manajemen kanopi pohon penaung kopi di sistem agroforestri: Pembandingan pengetahuan ekologi petani kopi dengan pengetahuan ekologi modern. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 8: 1-8*. Petani memperoleh pengetahuan dalam mengelola lahan agroforestri dari nenek moyang yang terus berkembang dari waktu ke waktu. Kearifan lokal yang dikaji disini terfokus pada pemahaman petani terkait peran tanaman terhadap lingkungannya. Penelitian ini bertujuan untuk memahami pengetahuan ekologi lokal (PEL) tentang pentingnya bahan organik dan peran akar pohon yang ditanam di lahannya terhadap ekosistem, dibandingkan dengan pengetahuan ekologi modern/ilmiah (PEM). Penelitian ini dilakukan di dua desa penghasil kopi dari sistem agroforestri yang ada di Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang dan Desa Tawangargo, Kecamatan Karangploso, keduanya di Kabupaten Malang. Hasil yang didapatkan bahwa sebagian besar petani belum memahami manfaat akar pohon yang mati sebagai salah satu sumber bahan organik dalam tanah, tetapi untuk masukan seresah gugur di atas permukaan tanah telah banyak dipahami sebagai penyubur tanah. Petani memahami adanya persaingan (akan cahaya, air dan hara) antar pohon dalam sistem agroforestri sehingga perlu ada pengaturan jarak tanam, atau pemangkasan pohon untuk mendapatkan lebih banyak sinar, namun pengaruh pemangkasan cabang terhadap perkembangan akar pohon masih belum banyak diketahui oleh petani.

Kata kunci: Agroforestri berbasis kopi, akar pohon, pengetahuan ekologi lokal, pengetahuan ekologi modern

Abstract. Purnamasari E, Kusumawati IA, Mardiani MO, Pratiwi DK, Hairiah K. 2022. *The management of coffee shade tree canopy in agroforestry systems: Comparing coffee farmers' ecological knowledge with modern ecological knowledge. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 8: 1-8*. Farmer knowledge used in managing agroforestry land was inherited from ancestors but continues to develop over time. The local wisdom studied here focuses on farmers' understanding of the role of plants in their environment. This study aims to understand local ecological knowledge (LEK) about the importance of soil organic matter and the role of tree roots in managing the agro-ecosystem. LEK was compared to scientific/modern ecological knowledge (MEK). This research was conducted in two coffee-producing villages Tulungrejo (Ngantang District) and Tawangargo (Karangploso District), both in Malang Regency. While most farmers recognize that aboveground litter falling on the ground fertilizes the soil, only a few understand the benefits of dead tree roots as a source of soil organic matter. Farmers understand that there is competition (for light, water, and nutrients) between trees in agroforestry systems, so it is necessary to adjust the spacing or prune the trees to get more light for lower crops. However, the effect of branch pruning on tree root development is still not widely known by farmers.

Keywords: Coffee-based agroforestry systems, tree roots, local ecological knowledge, modern ecological knowledge

PENDAHULUAN

Penggunaan lahan agroforestri telah banyak berkembang dan tidak lepas dari elemen biofisik, sosial-ekonomi, dan kerangka kerja kelembagaan yang berinteraksi dengan nilai, tradisi, dan pengetahuan (Setten et al. 2012). Agroforestri merupakan penggunaan lahan yang menggabungkan vegetasi berkayu dengan/tanpa

tanaman pertanian, dengan/tanpa ternak yang diproduksi melalui serangkaian kegiatan pengelolaan lahan yang beragam untuk menghasilkan banyak manfaat lingkungan dan keuntungan bagi manusia (Fagerholm et al. 2016) dan untuk tujuan konservasi tanah dan air (Young 1989). Waktu penanaman tanaman tahunan dan tanaman semusim bisa serempak dalam waktu yang bersamaan atau bisa berurutan dalam sebidang lahan yang sama (Nair 1993).

Pada krisis iklim yang terjadi saat ini, dunia secara aktif mencari metode baru untuk memitigasi perubahan iklim (Stern et al. 2019). Agroforestri adalah konsep yang berkembang digunakan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan ketahanan sistem pertanian tradisional (Weiwei et al. 2014). Sistem agroforestri menawarkan peluang secara bersamaan untuk memenuhi kebutuhan air, pangan, energi dan pendapatan di daerah pedesaan dan pinggiran kota di Indonesia (Van Noordwijk et al. 2016).

Pohon yang ada di agroforestri memiliki beberapa peranan penting antara lain sebagai penabung untuk mengurangi evapotranspirasi misalnya untuk tanaman kopi dan kakao, mengontrol erosi dan menjaga siklus air dan nutrisi (Lin 2010). Selain tergantung dari jenis, pohon penabung memberikan masukan bahan organik sepanjang waktu untuk memperbaiki kesuburan tanah, sementara kayunya dapat dimanfaatkan baik sebagai kayu bangunan maupun kayu bakar. Serapan karbon di atmosfer oleh tanaman, dan dekomposisi bahan organik (seresah gugur dan akar mati) merupakan komponen penting dalam siklus karbon. Hal tersebut juga menentukan stok karbon tanah dan keseimbangan karbon dalam ekosistem (Prescott 2010). Selain itu, dekomposisi bahan organik merupakan sumber utama hara tersedia di sebagian besar ekosistem (Lambers et al. 1998).

Interaksi pohon penabung dengan tanah dan produktivitas kopi telah dipahami dengan baik oleh petani. Menurut Cerdan et al. (2012), petani mengklasifikasikan pohon penabung “segar” apabila cocok untuk menabung pohon kopi dan “panas” apabila tidak cocok. Klasifikasi tersebut disusun berdasarkan tekstur dan ukuran daun, kerapatan daun, bentuk tajuk, dan sistem perakaran. Petani di Nepal menilai keberhasilan sistem agroforestri dan kesuburan tanah dari berbagai indikator yaitu hasil panen, kedalaman tanah, kelembaban, kebutuhan pupuk kandang, sumber air, kemiringan lahan, dan kelimpahan gulma (Desbiez et al. 2004). Sementara pengetahuan petani tentang pohon penabung dalam sistem agroforestri kakao di Afrika Barat, menyatakan bahwa pohon penabung berpengaruh positif terhadap produksi kakao. Oleh karena itu, petani perlu mengambil keputusan untuk mempertahankan kombinasi pohon yang tepat dan cara pengelolaannya (Nomo et al. 2008; Anglaere et al. 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami pengetahuan petani kopi akan pengaruh pemangkasan kanopi pohon penabung terhadap perkembangan akar dan layanan lingkungannya dalam sistem agroforestri kopi.

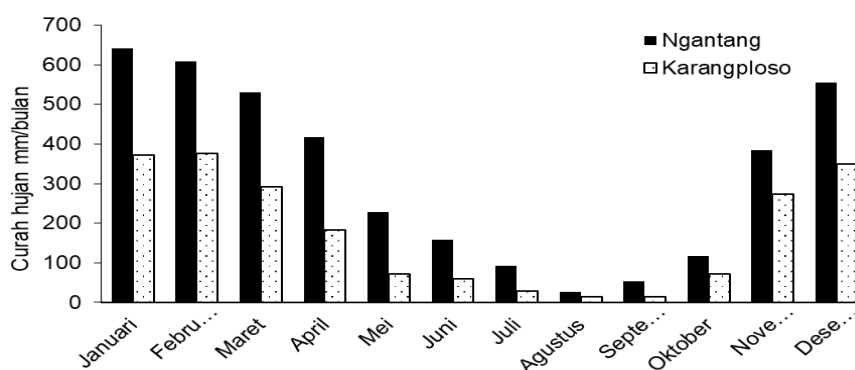
METODE

Penelitian ini terdiri dari 2 tahap: (a) wawancara petani kopi untuk mengetahui pengetahuan petani akan manfaat bahan organik dari seresah gugur dan akar mati yang ada di lahannya; (b) analisis gap dari pengetahuan ekologi lokal dan ekologi modern/ilmiah terhadap efek pemangkasan kanopi terhadap pertumbuhan akar, serta fungsi dan manfaat akar bagi lingkungan.

Wawancara dilakukan terhadap 20 petani pemilik lahan agroforestri berbasis kopi yang masing-masing berada di Desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang (112°21'49"-112°22'28" BT dan 7°49'45"-7°56'03" LS) dan di UB Forest Kecamatan Karangploso (112°34'37" BT dan 7°49'36" LU) Kabupaten Malang, Indonesia. Informasi yang digali dari wawancara tersebut berkenaan dengan manfaat akar pohon/tanaman dan efek pemangkasan tajuk pohon kopi terhadap sebaran akar. Hasil wawancara tentang pengetahuan ekologi petani dibandingkan dengan pengetahuan ekologi ilmiah yang diperoleh dari hasil-hasil penelitian yang relevan dan telah dipublikasi dalam jurnal ilmiah terindex scopus, juga dari hasil penelitian terkait di lokasi penelitian yang sama dengan penelitian ini.

Kondisi iklim dan lingkungan lokasi penelitian

Data curah hujan di Kecamatan Ngantang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) stasiun Karangploso (Data tahun 2012-2019), sedangkan data curah hujan Karangploso didapatkan secara online (link website: <https://dataonline.bmkg.go.id>). Data ini menunjukkan bahwa curah hujan di Kecamatan Ngantang berkisar 2900-4400 mm/tahun (Gambar 1) dengan 5 bulan kering (rata-rata curah hujan <200 mm). Bulan basah (curah hujan >200 mm) terjadi selama 7 bulan, rata-rata curah hujan per bulan 316 mm/bulan. Sedangkan curah hujan di Karangploso lebih rendah dibandingkan Ngantang dengan kisaran 2107 mm/tahun terdiri dari 7 bulan kering dan 5 bulan basah.



Gambar 1. Rerata curah hujan bulanan tahun 2012-2019 di Kecamatan Ngantang dan Karangploso (Sumber data: BMKG Karangploso)

Karakteristik lahan

Perhitungan basal area (BA) pohon dilakukan untuk mengetahui besarnya suatu luasan yang ditempati oleh pohon digunakan sebagai dasar untuk menentukan klasifikasi system penggunaan lahan yang diuji termasuk agroforestri atau system monokultur. Basal area pohon pada setiap SPL memiliki nilai yang bervariasi (Tabel 1). Bila data BA tanaman dominan lebih besar dari 80% berarti lahan tersebut cenderung monokultur (Hairiah et al. 2006). Pada plot perwakilan yang telah diamati, nilai basal area dibawah nilai <80% dengan kisaran 23-32% sehingga semua plot perwakilan termasuk kedalam kategori agroforestri.

Tabel 1. Karakterisasi sistem penggunaan lahan di daerah agroforestri kopi Dea Tulungrejo, Kecamatan Ngantang dan UB Forest

No.	Lokasi+Landuse	BA (m ² /ha)	Populasi pohon/ha	Jumlah spesies pohon
1	Ngantang_AF Sederhana	11,37	1388	5
2	UB Forest_AF Sederhana*	33,77	2075	2

*) Data karakterisasi lahan UB Forest (Prayogo et al. 2021)

Petani kopi di kedua lokasi pengamatan melakukan pemangkasan rutin setiap tahun sekali untuk mengurangi cabang tidak produktif dan memudahkan pemetikan buah saat panen kopi. Petani di Ngantang selain memangkas pohon kopi dan pohon penangungnya terutama dari jenis

legume seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*), petai (*Parkia speciosa*), dan lamtoro (*Leucaena leucocephala*), selanjutnya pangkasan untuk pakan dan kayu bakar. Pemangkasan juga untuk mengurangi jumlah ranting yang menaungi pohon kopi sehingga cahaya yang masuk kedalam lahan dapat meningkat. Menurut Sudirman et al. (2020) kopi membutuhkan pohon penayang dengan intensitas cahaya tidak lebih dari 60% untuk memungkinkan pertumbuhan dan produksi kopi yang optimal serta berkelanjutan. Intensitas cahaya yang terlalu tinggi atau rendah akan menyebabkan fotosintesis tidak optimal dan akan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi kopi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengetahuan Ekologi Lokal (PEL) tentang management pohon dalam agroforestri

Petani merupakan manajer yang mengetahui setiap perubahan yang terjadi di lahannya. Pengalaman petani dalam mengelola lingkungannya saat ini dan pendahulunya, telah mengalami banyak perkembangan tergantung dari perubahan-perubahan yang ada di sekitarnya; sehingga tidak jarang pula terjadi gap antara pengetahuan petani dengan pengetahuan ilmiah tentang fungsi, manfaat akar dan manajemen lahan yang mempengaruhinya.

Berdasarkan hasil wawancara di dua lokasi penelitian ini (Gambar 2) diperoleh informasi mengenai fungsi dari akar tanaman yang berbeda antar lokasi (Tabel 2), namun ada pula pengetahuan yang sama pula.



Gambar 2. Proses wawancara dengan petani agroforestri kopi di Ngantang (A dan B) dan di Karangploso (C dan D)

PEL tentang fungsi seresah dan akar pohon: Berdasarkan hasil wawancara kepada 40 orang petani tentang fungsi seresah gugur dan akar pohon, jawaban dari petani yang diwawancarai cukup beragam (Tabel 3). Pengetahuan petani akan fungsi tanaman bagian bawah (akar) dan efek pemangkasan batang pohon terhadap pertumbuhan akar nampaknya masih relative rendah bila dibandingkan dengan pengetahuan akan pohon bagian atas dan seresah gugur.

PEM tentang fungsi seresah dan akar pohon: Agroforestri merupakan sistem yang memiliki beberapa fungsi dalam ekosistem antara lain mempertahankan iklim mikro, memperbaiki kesuburan tanah, menekan erosi, mengurangi perkembangan hama dan penyakit, dan menekan populasi gulma (Jose 2009). Sistem agroforestri juga berperan dalam hal mempertahankan kandungan bahan organik tanah, mengurangi kehilangan hara ke lapisan tanah bawah, menambah hara hasil dari penambatan N bebas di udara, memperbaiki sifat fisik tanah, dan adanya interaksi antara komponen ekologis dan ekonomis (Suprayogo et al. 2003; Young 1989) dan mengurangi resiko longsor (Hairiah et al. 2020). Optimalisasi manfaat (jasa lingkungan) agroforestri membutuhkan pemahaman yang tinggi akan fungsi, beserta proses-proses yang terlibat dalam interaksi antar jenis pohon dengan tanaman lainnya, tanah dan juga dengan penggunaan lahan lain di sekitarnya, termasuk juga dengan pasarnya (Van Noordwijk et al. 2016).

Salah satu kegiatan manajemen petani kopi adalah melakukan pemangkasan cabang dan ranting pohon penaung untuk mengatur intensitas sinar matahari yang masuk sesuai dengan kebutuhan tanaman kopi, selanjutnya biomas pangkasan digunakan untuk pakan ternak atau dikembalikan ke lahan. Ukuran tubuh petani dan pekerja di Indonesia tidak terlalu tinggi (rata-rata 150 hingga 160 cm) sehingga pucuk dan cabang pohon kopi juga perlu dipangkas lebih rendah untuk memudahkan saat panen kopi. Tinggi pangkasan pucuk pohon kopi bervariasi antar

petani dan perkebunan, demikian juga teknik pemangkasannya pun juga beragam tergantung pada tenaga kerja yang tersedia. Konsekuensi dari pemangkasan pohon akan meningkatkan jumlah akar mati dan meningkatkan jumlah akar baru di lapisan tanah atas; salah satu contohnya adalah pada tanaman *Peltophorum dasyrachis* di ultisol, Lampung Utara (van Noordwijk et al. 1991) (Gambar 3).

Tabel 3. Fungsi seresah gugur dan akar pohon menurut petani di lokasi penelitian

No	Indikator	Jumlah responden (40 orang)	Persentase
1	Seresah daun gugur untuk penyubur tanah (pupuk)	40	100
2	Akar pohon untuk mencegah longsor	29	72,5
3	Akar untuk mencari makanan bagi tanaman	37	92,5
4	Akar pohon dalam system campuran tidak saling mengganggu asal dengan pengaturan jarak tanam yang sesuai	30	75
5	Akar pohon yang mati bisa menjadi tambahan bahan organik	27	67,5
6	Pemangkasan dapat meningkatkan pertumbuhan akar	10	25

Tabel 2. Informasi terkait PEL hasil wawancara dengan petani di Ngantang dan Karangploso

No	PEL di Ngantang	PEL di Karangploso
1	Seresah daun yang ada di lahan jumlahnya banyak	Seresah daun yang ada di lahan berjumlah banyak
2	Seresah daun dibiarkan di lahan untuk pupuk dan mulsa	Seresah daun dibiarkan menjadi pupuk dan mulsa
3	Akar berfungsi untuk mencegah longsor, memperkuat batang pohon, dan mencari makanan bagi tanaman	Akar berfungsi untuk mencegah longsor, memperkuat batang pohon, dan mencari makanan bagi tanaman
4	Akar kopi adalah akar yang dangkal dibandingkan dengan akar pohon penaungnya	Akar kopi adalah akar yang dangkal dibandingkan dengan akar pohon penaungnya
5	System campuran tidak saling merugikan asalkan diatur dengan jarak tanam yang sesuai	Tidak saling merugikan asalkan diatur dengan jarak tanam yang sesuai. Akar pohon pinus (sebagai penaung) mengganggu pertumbuhan pohon kopi
6	Akar pohon akan mati, dibiarkan saja menjadi pupuk dengan sendirinya	Akar pohon bisa mati karena penyakit, makan harus dibersihkan agar tidak mengganggu pertumbuhan tanaman lainnya
7	Efek pemangkasan pohon terhadap akar: 70% responden mengatakan pemangkasan pohon tidak berdampak terhadap akar; 30% mengatakan akar pohon semakin banyak setelah pemangkasan	Pemangkasan pohon tidak berdampak terhadap akar

Pemangkasan batang pohon dapat meningkatkan jumlah akar proksimal, tetapi diameternya menurun. Adanya pemangkasan akar yang berada di lapisan atas lebih banyak (van Noordwijk dan Purnomosidhi, 1995), jumlah akar meningkat sekitar 22-60% dibandingkan akar pohon yang tidak dipangkas (Kathiresan et al. 2019). Lain hal dengan hasil penelitian Lynch et al. (2011) bahwa pemotongan atau penghilangan bagian atas pohon cenderung menurunkan pertumbuhan akar pohon. Lebih lanjut akhir-akhir ini Pratiwi (2021) melaporkan bahwa pemangkasan batang pohon kopi di UB-Forest (Karangploso, tempat yang sama dengan penelitian ini) menurunkan jumlah akar horisontal (79%) maupun akar vertikal (19%) bila dibandingkan dengan pohon tanpa pangkasan; selanjutnya dilaporkan pula bahwa tinggi pangkasan batang 50 cm menurunkan jumlah akar horisontal dan vertikal bila dibandingkan dengan tinggi pangkasan 125 cm (Gambar 4). Kondisi tersebut dapat meningkatkan resiko pohon kopi mengalami kekeringan saat musim kemarau.

Berdasarkan konsep keseimbangan fungsi (Brouwer 1983; Lambers 1983; van Noordwijk dan de Willigen 1987), adanya pemangkasan tajuk pohon akan mengurangi jumlah transporasi air dan hara dari bawah ke bagian atas; tetapi adanya pertumbuhan tunas batang baru dapat memicu pertumbuhan akar baru. Akar pohon yang berkembang dalam akan lebih mampu memanfaatkan air tanah di lapisan bawah sehingga pohon lebih resisten terhadap kekeringan (Coder 1999). Sejauh ini diketahui peran akar halus sangat penting dalam strategi untuk meningkatkan jumlah air yang tersedia untuk pohon, untuk mengatasi kekurangan air selama musim kemarau yang cukup panjang (Fan et al. 2017). Akar pohon juga dapat membantu pelapukan lapisan saprolite atau batuan dan juga berfungsi sebagai “*jaring penyelamat hara*” bagi air dan hara yang tercuci ke lapisan bawah (Ong et al. 2014) sehingga bermanfaat mengurangi resiko polusi di lingkungan tanah dan sungai di sekitarnya. Dilaporkan oleh Rockström et al. (2007) dan Wallace (2000) bahwa tanaman pertanian hanya mampu memanfaatkan air hujan berkisar 5-30% dari total air hujan yang jatuh.

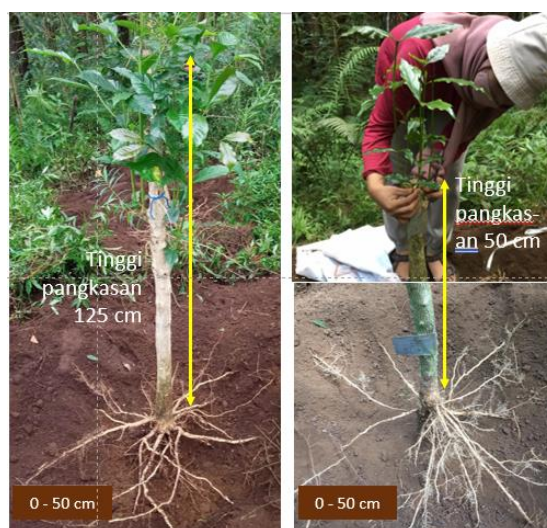
Akar pohon secara dominan tumbuh banyak di permukaan tanah (kedalaman < 60 cm) mencapai 90% dari total seluruh akar. Akar pohon menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah, diangkut ke bagian atas tanaman dimanfaatkan dalam proses fotosintesis untuk mendukung pertumbuhan batang dan kanopi pohon. Kesalahpahaman yang seringkali terjadi bahwa sistem perakaran merupakan “refleksi” dari lebar kanopi, padahal faktanya adalah dominasi sistem perakaran pohon cukup dangkal yang terdiri dari akar lateral yang panjang, relatif kecil, menyebar didekat permukaan tanah. Hal tersebut umumnya terjadi pada kondisi kesuburan tanah yang kaya hara dan cukup air, sebaliknya di tanah-tanah miskin dan kering akar pohon akan tumbuh lebih dalam untuk mencari sumber

Kontribusi akar pohon terhadap cadangan karbon tanah

Akar pohon dalam ekosistem hutan alami berkontribusi sekitar 14 hingga 27 Mg C ha⁻¹ (Brunner and Godbold 2007), sementara akar halus pohon hanya berkontribusi 10 sampai 20% dari total keseluruhan akar (Jackson et al. 1997), namun demikian kontribusi ini penting, karena umur hidup akar halus relatif singkat tergantung kepada spesies pohon dan kondisi lingkungan (McCormack et al. 2012). Perbedaan umur akar halus dalam tanah sangat penting untuk mempertahankan siklus karbon dan unsur hara, sehingga dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem (Matamala et al. 2003), keanekaragaman hayati bawah tanah dan fungsi ekosistem secara keseluruhan (Bardgett and van der Putten 2014; Wieder 2014).



Gambar 3. Pengaruh tinggi (50 cm dan 75 cm) pangkasan pohon *Peltophorum dasyrrachis* terhadap sebaran akar horisontal di kedalaman tanah 0-30 cm (Sumber: Van Noordwijk et al. 1991)



Gambar 4. Sebaran akar pohon kopi di kedalaman tanah 0-50 cm dengan tinggi pangkasan 125 cm dibandingkan dengan 50 cm (Foto dokumentasi: Dhea Kurnia Pratiwi, 2021)

Tabel 4. Gap antara pengetahuan ekologi lokal dan pengetahuan ekologi modern

No	PEL	PEM
1	Seresah daun dapat menyuburkan tanah karena bisa dijadikan pupuk organik, sedangkan seresah akar cenderung dibersihkan/dikeluarkan dari lahan	Masukan akar halus dapat mencapai 48% dari total seresah tanaman (Freschet et al. 2013). Masukan seresah di hutan alami sekitar 12 Mg ha ⁻¹ , sedangkan di agroforestri kopi berkisar 4 - 8 Mg ha ⁻¹ (Hairiah et al. 2006). Seresah akar, daun, dan bagian tanaman lain yang mati dapat menyumbang bahan organik untuk penyusunan bahan organik tanah (Jacobs et al. 2018).
2	Akar pohon yang besar dan menyebar dalam berfungsi untuk mencegah longsor dan memperkuat tegaknya batang pohon	Akar berfungsi sangat penting dalam tunjangan mekanik tegaknya pokok batang. Akar berukuran besar, kuat dan menyebar dalam berfungsi penting untuk mengeksplorasi tanah dengan jangkauan yang luas, menjadi jangkar, menjaring unsur hara, serta menjangkau air ke lapisan yang lebih dalam (Erktan et al. 2018, Hairiah et al. 2021)
3	Akar pohon berupa akar serabut dan berada di lapisan tanah atas, berfungsi mencari dan menyerap makanan untuk pertumbuhan pohon	Akar halus yang berada di permukaan tanah (kedalaman kurang dari 60 cm) berfungsi untuk menyerap air dan unsur hara dari tanah, selanjutnya diolah menjadi karbohidrat melalui proses fotosintesis untuk pertumbuhan pohon (Dobson 1995).
4	Akar pohon yang ada di lahan agroforestri dapat berpotensi mengganggu pohon lainnya apabila tidak diatur jarak tanamnya dengan baik	Komposisi dan jarak tanam penting untuk mengelola tanaman dengan pola tumpangsari. Pengaturan jarak tanam dan pemilihan jenis tanaman yang cocok perlu diatur untuk mengoptimalkan interaksi antar-akar individu pohon (Interaksi fasilitatif, komplementer, atau kompetitif) (Erktan et al. 2018).
5	Sebagian besar petani berpendapat bahwa dengan pemangkasan tajuk pohon tidak berdampak apapun terhadap akar. Sekitar 15% petani berpendapat dengan adanya pemangkasan, akar pohon kopi semakin banyak ditandai juga dengan daun yang lebih segar	Pemangkasan kanopi pohon <i>Peltophorum dassirachys</i> meningkatkan jumlah akar di lapisan tanah atas (van Noordwijk dan Purnomosidhi 1995) Pemangkasan batang pohon kopi setinggi 125 cm di UB Forest (Kabupaten Malang) menurunkan jumlah akar vertikal dan horizontal sekitar 79% dan 19% bila dibandingkan dengan pohon kopi tanpa pemangkasan (Pratiwi 2021). Pemangkasan setinggi 50 cm menurunkan jumlah akar vertikal dan horizontal sekitar 50% dari pada jumlah akar dengan tinggi pangkasan 125 cm

Sebaran akar pohon dengan tingkat kerapatan yang beragam dalam sistem agroforestri, bermanfaat untuk meningkatkan penangkapan hara yang tercuci, dan terjadi mobilisasi hara untuk tanaman lainnya melalui masukan residu organik. Sistem perakaran pohon yang rapat juga memungkinkan untuk meningkatkan pembentukan struktur biologis tanah (Kooistra dan Van Noordwijk 1995). Estimasi input akar halus sekitar 41% dari total input seresah tahunan di hutan (Freschet et al. 2013), dengan tingkat dekomposisi 40% lebih lambat dibandingkan dengan seresah asal daun sehingga dapat mempertahankan keanekaragaman organisme tanah untuk jangka waktu yang lebih lama. Perkiraan umur paruh akar halus di sistem agroforestri daerah tropis cukup bervariasi yaitu berkisar 2 bulan (van Noordwijk et al. 2004) tergantung dari adanya variabilitas iklim dan perubahan iklim (van Noordwijk et al. 1998). Akar kasar (>2 mm) penting untuk penyimpanan biomassa C dalam tanah (Palviainen dan Finer 2015), namun kontribusinya terhadap C tanah relatif rendah. Sekitar 49% dari total biomassa dalam sistem agroforestri kopi berada di akar pohon kopi, hal ini dimungkinkan karena seringnya kegiatan pemangkasan cabang kopi (Defrenet et al. 2016). Namun demikian informasi kuantitatif masukan C dari akar pohon dalam sistem agroforestri masih sangat terbatas, sehingga hal tersebut harus diletakkan dalam prioritas utama dari agenda penelitian Agroforestri mendatang.

Gap antara PEL dan PEM

Pembandingan informasi masukan seresah daun dan akar, fungsi dan manfaat akar pohon menurut pengetahuan ekologi lokal dari petani kopi, dibandingkan dengan pengetahuan ekologi modern/ilmiah diringkas dalam Tabel 3.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah petani agroforestri kopi di desa Tulungrejo, Kecamatan Ngantang dan di UB Forest kecamatan Karangploso mempunyai kesamaan dan perbedaan pengetahuan tentang fungsi dan manfaat akar pohon. Sebagian besar petani beranggapan bahwa adanya pemangkasan kanopi pohon tidak berpengaruh apapun terhadap pertumbuhan akar, namun dari beberapa hasil penelitian terkini menunjukkan bahwa adanya pemangkasan pohon kopi menurunkan jumlah akar vertikal dan horizontal sehingga pohon lebih rentan terhadap kekeringan saat musim kemarau.

Akar pohon berfungsi menyerap air dan hara, dan menjadi jangkar hidup dalam tanah untuk memperkuat tegaknya pohon dan mencegah longsor telah diketahui oleh sebagian petani. Informasi masukan bahan organik dari akar pohon kopi dan laju dekomposisi akar halus pohon masih belum ada dalam pengetahuan petani; sedang dalam informasi ilmiah ketersediaannya masih sangat terbatas, untuk itu tema penelitian tersebut harus menjadi prioritas utama dalam agenda penelitian agroforestri pada masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dapat terlaksana berkat bantuan dana dari Rektor Universitas Brawijaya melalui program Hibah Penelitian Kerjasama Luar Negeri UB-CEH tahun 2020.

DAFTAR PUSTAKA

- Anglaaere LCN, Cobbina J, Sinclair FL, McDonald MA. 2011. The effect of land use systems on tree diversity: farmer preference and species composition of cocoa-based agroecosystems in Ghana. *Agrofor Syst* 81 (3): 249-265. DOI: 10.1007/s10457-010-9366-z.
- Bardgett RD, van der Putten Wim H. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature* 515 (7528): 505-511. DOI: 10.1038/nature13855.
- Brouwer R. 1983. Functional equilibrium: sense or nonsense?. *Neth J Agric Sci* 31 (4): 335-348. DOI: 10.18174/njas.v31i4.16938.
- Brunner I, Godbold DL. 2007. Tree roots in a changing world. *J For Res* 12 (2): 78-82. DOI: 10.1007/s10310-006-0261-4.
- Cerdan CR, Rebolledo MC, Soto G, Rapidel B, Sinclair FL. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems. *J Agric Syst* 110: 119-130. DOI: 10.1016/j.agsy.2012.03.014.
- Coder KD. 1999. Tree selection for drought resistance. University of Georgia, Daniel B. Warnell School of Forest Resources, Athens, GA.
- Defrenet E, Rouspard O, Van den MK, Charbonnier F, Pastor PJ, Khac E, Prieto I, Stokes A, Roumet C, Rapidel B, de Melo Virginio FE, et al. 2016. Root biomass, turnover and net primary productivity of a coffee agroforestry system in Costa Rica: effects of soil depth, shade trees, distance to row and coffee age. *Ann Bot* 118 (4): 833-851. DOI: 10.1093/aob/mcw153.
- Desbiez A, Matthews R, Tripathi B, Ellis-Jones J. 2004. Perceptions and assessment of soil fertility by farmers in the mid-hills of Nepal. *Agric Ecosyst Environ* 103 (1): 191-206. DOI: 10.1016/j.agee.2003.10.003.
- Dobson M. 1995. Tree root systems. *Arboriculture Research and Information Note* 130. Arboricultural Advisory and Information Service, Farnham.
- Erktan A, McCormack ML, Roumet C. 2018. Frontiers in root ecology: recent advances and future challenges. *Plant Soil* 424 (1): 1-9. DOI: 10.1007/s11104-018-3618-5.
- Fagerholm N, Torralba M, Burgess P, Plieninger T. 2016. A systematic map of ecosystem services assessments around European agroforestry. *Ecol Indic* 62: 47-65. DOI: 10.1016/j.ecolind.2015.11.016.
- Fan Y, Miguez-Macho VG, Jobbágy EG, Jackson RB, Otero-Casal C. 2017. Hydrologic regulation of plant rooting depth. *PNAS* 114 (40): 10572-10577. DOI: 10.1073/pnas.1712381114.
- Freschet GT, Cornwell WK, Wardle DA, Elumeeva TG, Liu W, Jackson BG, Onipchenko VG, Soudzilovskaia NA, Tao J, Cornelissen JHC. 2013. Linking litter decomposition of above- and below-ground organs to plant-soil feedbacks worldwide. *J Ecol* 101 (4): 943-952. DOI: 10.1111/1365-2745.12092.
- Hairiah K, Sulistyani H, Suprayogo D, Widiyanto, Purnomosidhi P, Widodo RH, Van Noordwijk M. 2006. Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *For Ecol Manag* 224 (1-2): 45-57. DOI: 10.1016/j.foreco.2005.12.007.
- Hairiah K, Widiyanto W, Suprayogo D, Van Noordwijk M. 2020. Tree roots anchoring and binding soil: reducing landslide risk in Indonesian agroforestry. *Land* 9 (8): 256. DOI: 10.3390/land9080256.
- Jackson RB, Mooney HA, Schulze ED. 1997. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proc Nat Acad Sci* 94 (14): 7362-7366. DOI: 10.1073/pnas.94.14.7362.
- Jacobs LM, Sulman BN, Brzostek ER, Feighery JJ, Phillips RP. 2018. Interactions among decaying leaf litter, root litter and soil organic matter vary with mycorrhizal type. *J Ecol* 106 (2): 502-513. DOI: 10.1111/1365-2745.12921.
- Jose S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agrofor Syst* 76 (1): 1-10. DOI: 10.1007/s10457-019-00366-8.
- Kathiresan K, Narendran R, Kalidasan K, Dinesh P. 2019. Pruning of shoot branches: An efficient technique for stimulating the mangrove growth (*Rhizophora mucronata*). *Biocatalysis Agric Biotechnol* 17: 309-312. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.12.006.
- Kooistra MJ, Van Noordwijk M. 1995. Soil architecture and distribution of organic carbon. In: Carter MR (ed) *Structure and Organic Carbon Storage in Agricultural Soils*. Advances in Soil Science.
- Lambers H, Chapin FS, Pons TL. 1998. *Plant Physiological Ecology*. Springer, New York. DOI: 10.1007/978-1-4757-2855-2.
- Lambers H. 1983. The functional equilibrium, nibbling on the edges of a paradigm. *Neth J Agric Sci* 31 (4): 305-311. DOI: 10.18174/njas.v31i4.16935.
- Lin BB. 2010. The role of agroforestry in reducing water loss through soil evaporation and crop transpiration in coffee agroecosystems. *J Agric For Meteorol* 150 (4): 510-518. DOI: 10.1016/j.agrformet.2009.11.010.
- Lynch J, Marschner P, Rengel Z. 2011. Effect of Internal and External Factors on Root Growth and Development. *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants: Third Edition*. Elsevier Ltd. DOI: 10.1016/B978-0-12-384905-2.00013-3.
- Matamala R, González-Meler MA, Jastrow JD, Norby RJ, Schlesinger WH. 2003. Impacts of fine root turnover on forest NPP and soil C sequestration potential. *Science* 302 (5649): 1385-1387. DOI: 10.1126/science.1089543.
- McCormack ML, Adams TS, Smithwick EA, Eissenstat DM. 2012. Predicting fine root lifespan from plant functional traits in temperate trees. *New Phytol* 195 (4): 823-831. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04198.x.
- Nair PKR. 1993. *An Introduction to Agroforestry*. Springer Science & Business Media. DOI: 10.1007/978-94-011-1608-4.
- Nomo B, Madong BA, Sinclair FL. 2008. Status of non-cocoa tree species in cocoa multistrata systems of southern Cameroon. *Intl J Biol Chem Sci* 2 (2): 207-215. DOI: 10.4314/ijbcs.v2i2.39735.
- Ong C, Black CR, Wilson J, Muthuri C, Bayala J, Jackson NA. 2014. *Agroforestry: Hydrological Impacts*. In: Van Neal A (ed) *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*. San Diego. DOI: 10.1016/B978-0-444-52512-3.00028-0.
- Palviainen M, Finér FL. 2015. Decomposition and nutrient release from Norway spruce coarse roots and stumps - A 40-year chronosequence study. *For Ecol Manag* 358: 1-11. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.08.036.
- Pratiwi D, Yunita Y, Thirtawati T. 2021. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Konversi Usahatani Kopi Menjadi Pinang Bagi Petani di Desa Karang Lantang Kabupaten Ogan Komering Ulu. [Undergraduate Thesis]. Universitas Sriwijaya. [Indonesian]
- Prayogo C, Kusumawati IA, Qurana Z, Kurniawan S, Arfarita N. 2021. Does different management and organic inputs in agroforestry system impact the changes on soil respiration and microbial biomass carbon?. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 743 (1): 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/743/1/012005.
- Prescott C. 2010. Litter decomposition: what controls it and how can we alter it to sequester more carbon in forest soils? *Biogeochemistry* 101 (1): 133-149. DOI: 10.1007/s10533-010-9439-0.
- Rockström J, Hatibu N, Oweis T, Wani S, Barron J, Bruggeman A, Qiang Z, Farahani J, Karlberg L. 2007. *Managing Water in Rain-fed Agriculture*. In: Molden D (ed) *Water for Food, Water for Life. A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. International Water Management Institute. Earthscan, London, UK
- Setten G, Stenseke M, Moen J. 2012. Ecosystem services and landscape management: three challenges and one plea. *Intl J Biodivers Sci Ecosyst Serv Manag* 8 (4): 305-312. DOI: 10.1080/21517372.2012.722127.
- Sterner EO, Adawi T, Persson UM, Lundqvist U. 2019. Knowing how and knowing when: unpacking public understanding of atmospheric CO₂ accumulation. *Clim Change* 154 (1): 49-67. DOI: 10.1007/s10584-019-02423-8.
- Sudirman A, Supriyanto, Hartono JSS. 2020. Study on the amount of chlorophyll content and leaf area of Robusta coffee plants with shade trees and fertilizer application in Hanakau Sukau West Lampung. *Intl Conf Agric Appl Sci (ICoAAS)*. DOI: 10.2581/icoaas.v1i1.2002.
- Suprayogo D, Hairiah K, Wijayanto N, Sunaryo D, van Noordwijk M. 2003. *Peran Agroforestri pada Skala Plot: Analisis Komponen Agroforestri sebagai Kunci Keberhasilan atau Kegagalan Pemanfaatan Lahan*. World Agroforestry Center Press.
- van Noordwijk M, De Willigen P. 1987. *Agricultural concepts of roots: from morphogenetic to functional equilibrium between root and shoot*

- growth. *Neth J Agric Sci* 35 (4): 487-496. DOI: 10.18174/njas.v35i4.16707.
- van Noordwijk M, Hairiah K, Syekhfani MS, Flach EN. 1991. *Peltophorum Pterocarpa* (Dc.) Back (Caesalpiniaceae), a tree with a root distribution suitable for alley cropping on acid soils in the humid tropics. *Develop Agric Manag For Ecol* 24: 526-532. DOI: 10.1016/B978-0-444-89104-4.50072-4.
- van Noordwijk M, Kim YS, Leimona B, Hairiah K, Fisher LA. 2016. Metrics of water security, adaptive capacity, and agroforestry in Indonesia. *Curr Opin Environ Sustain* 21, 1-8. DOI: 10.1016/j.cosust.2016.10.004.
- van Noordwijk M, Martikainen P, Bottner P, Cuevas E, Rouland C, Dhillon SS. 1998. Global change and root function. *Glob Change Biol* 4 (7): 759-772. DOI: 10.1046/j.1365-2486.1998.00192.x.
- van Noordwijk M, Purnomosidhi R. 1995. Root architecture in relation to tree-soil-crop interactions and shoot pruning in agroforestry. *Agrofor Syst* 30: 161-173. DOI: 10.1007/978-94-017-0681-0_8.
- van Noordwijk M, Rahayu S, William S, Hairiah K, Khasanah N, Schroth G. 2004. Crop and tree root-system dynamics. In: van Noordwijk M, Cadisch G, Ong CK (eds) *Below-Ground Interactions in Tropical Agroecosystems: Concepts and Models with Multiple Plant Components*. CABI. DOI: 10.1079/9780851996738.0083.
- Wallace JS. 2000. Increasing agricultural water use efficiency to meet future food production. *Agric Ecosyst Environ* 82 (1-3): 105-119. DOI: 10.1016/S0167-8809(00)00220-6.
- Weiwei L, Wenhua L, Moucheng L, Fuller AM. 2014. Traditional agroforestry systems: one type of globally important agricultural heritage systems. *J Resour Ecol* 5 (4): 306-313. DOI: 10.5814/j.issn.1674-764x.2014.04.004.
- Wieder WR, Cleveland CC, Smith WK, Todd-Brown K. 2015. Future productivity and carbon storage limited by terrestrial nutrient availability. *Nat Geosci* 8 (6): 441-444.
- Young A. 1989. Ten hypotheses for soil-agroforestry research. *Agrofor Today* 1: 13-16. DOI: 10.1038/ngeo2413.