

PENERAPAN PERTANIAN REGENERATIF PADA PERKEBUNAN KOPI

Implementing Regenerative Agriculture in Coffee Plantation

Rusdi Evizal^{1*} dan Fembriarti Erry Prasmatiwi²

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

²Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Sumantri Brojonegoro No 1 Gedung Meneng, Bandar Lampung 35145

*E-mail korespondensi: rusdi.evizal@fp.unila.ac.id

ABSTRAK

Agronomi tidak saja mengkaji teknologi budidaya dan produksi pertanian, tetapi juga mengkaji penerapan dari konsep dan sistem pertanian yang terus berkembang. Transformasi secara cepat dan fundamental sistem pertanian yang disebut revolusi hijau berbasis pada penggunaan input yang tinggi untuk meningkatkan produksi pertanian. Penggunaan input yang tidak ramah lingkungan dan munculnya kesadaran lingkungan mendorong transformasi sistem pertanian menjadi pertanian bermahzab lingkungan seperti *ecofarming*, *organic farming*, *sustainable agriculture*, dan *regenerative agriculture*. Tulisan ini mereview konsep pertanian berkelanjutan, pertanian degeneratif, pertanian regeneratif serta praktek penerapan pertanian regeneratif pada perkebunan kopi. Pertanian degeneratif adalah praktek pertanian yang menyebabkan produktivitas yang terus menurun sebagai akibat dari penurunan daya dukung agroekosistem baik tanah, tanaman dan flora lainnya, fauna, mikrobial, iklim dan sosial. Pertanian berkelanjutan ditujukan untuk mempertahankan tingkat fungsi ekosistem yang diinginkan atau ditingkatkan, sedangkan pertanian regeneratif bertujuan untuk meregenerasi, memperbaharui, dan lebih lanjut meningkatkan fungsi tanah dan kemampuan ekosistem dalam proses yang terus meningkat. Pilar ekologi pertanian regeneratif meliputi (1) kesehatan tanah, (2) keragaman hayati, dan (3) integrasi ternak-tanaman. Praktek perkebunan kopi regeneratif antara lain penggunaan klon atau varietas unggul, penyambungan (*grafting*), penanaman pohon pelindung dan tananaman campuran, dan integrasi ternak.

Kata kunci: Berkelanjutan, biodiversitas, degeneratif, integrasi, kopi, pertanian regeneratif

ABSTRACT

*Agronomy not only studies cultivation technology and agricultural production, but also examines the application of agricultural concepts and systems that continue to develop. The rapid and fundamental transformation of the agricultural system called the green revolution is based on the use of high inputs to increase agricultural production. The use of inputs that are not environmentally friendly and the emergence of environmental awareness encourages the transformation of agricultural systems into environmentally friendly agriculture such as *ecofarming*, *organic farming*, *sustainable agriculture* and *regenerative agriculture*. This article reviews the concepts of sustainable agriculture, degenerative agriculture, regenerative agriculture and the practice of implementing regenerative agriculture on coffee plantations. Degenerative agriculture is an agricultural practice that causes productivity to continue to decline as a result of a decrease in the carrying capacity of the agroecosystem, including soil, plants and other flora, fauna, microbes, climate and society. Sustainable agriculture aims to maintain a desired or improved level of ecosystem function, while regenerative agriculture aims to regenerate, renew, and further improve soil function and ecosystem capabilities in an ever-increasing process. The ecological pillars of regenerative agriculture include (1) soil health, (2) biodiversity, and*

(3) *livestock-crop integration. Regenerative coffee plantation practices include the use of superior clones or varieties, grafting, planting shade trees and mixed crops, and livestock integration.*

Key words : *Biodiversity, degenerative, integrated, sustainable, regenerative agriculture*

PENDAHULUAN

Berbagai inisiatif dari lembaga internasional maupun nasional diluncurkan untuk mendorong tatalaksana perkebunan yang berkelanjutan. Sejak tahun 2022 pemberdayaan petani kopi di Tanggamus sebagai sentra produksi kopi, diinisiasi oleh PT Nestle dengan program Regeneratif Tangguh (RegenTa). Dalam kurun waktu hampir bersamaan, sejak 2023 berjalan program ICARE (*Integrated Corporation of Agricultural Resources Empowerment*) di Tanggamus.

Program ICARE tersebut merupakan upaya dari Kementerian Pertanian bekerja sama dengan Bank Dunia untuk mendukung pengelolaan wilayah dan rantai nilai komoditas pertanian secara berkelanjutan dan inklusif di beberapa lokasi tertentu. Di Provinsi Lampung, program tersebut diterapkan di Kabupaten Tanggamus dengan fokus pada komoditas kopi dan ternak kambing, mengingat daerah tersebut merupakan pusat produksi kedua komoditas tersebut.

Tulisan ini merupakan sebuah tinjauan terhadap penerapan pertanian regeneratif di perkebunan kopi, yang menyoroti pentingnya integrasi ternak dengan kegiatan perkebunan kopi. Menimbang bahwa regenerasi merupakan kapasitas dari sistem biotik, maka tinjauan ini dimulai dari konsep suksesi pada sistem alam dan suksesi pada agroekosistem, dilanjutkan dengan tinjauan tentang pilar-pilar pertanian regeneratif dan penerapan pertanian regeneratif pada perkebunan kopi.

SUKSESI DAN REGENERASI

Pertanian terus berubah terutama didorong oleh perkembangan eksogen seperti pertambahan penduduk, peningkatan kebutuhan pangan dan bahan baku industri,

hakum agraria, mekanisasi, industrialisasi pertanian, dan integrasi pasar. Ketika jumlah penduduk masih sedikit dan pertanian masih bersifat subsisten, sumberdaya lahan secara spasial dan sekuensial mampu memberikan servis lingkungan dan beregenerasi secara ekologis sehingga cukup untuk memenuhi kebutuhan pertanian subsisten. Secara ekologis, hutan yang dibuka untuk lahan pertanian secara gradual akan memperbaiki diri, vegetasi berkembang dari fase nudasi menuju ke fase klimaks menurut teori ekologi suksesi.

Suksesi sekunder yaitu suksesi vegetasi dari lahan pertanian bersuksesi menjadi hutan merestorasi kesuburan tanah dan lingkungan ekologis. Liang et al. (2010) melaporkan bahwa: (1) kesuburan tanah meningkat selama proses suksesi dari lahan terlantar menjadi komunitas hutan, (2) kesuburan tanah komunitas hutan menunjukkan urutan yang meningkat berturut-turut dari hutan jenis konifera, hutan campuran, dan hutan berdaun lebar; (3) selama proses suksesi vegetasi, variasi kesuburan tanah lapisan atas lebih tinggi daripada tanah di bawah permukaan, dan ketika suksesi berkembang menjadi tahapan komunitas semak dan hutan, kesuburan tanah bagian atas telah meningkat secara signifikan; (4) untuk komunitas tanah di bawah permukaan pada tahap suksesi lanjut, kesuburan tanah juga meningkat sampai batas tertentu.

Aspek regeneratif dari suksesi vegetasi dilaporkan oleh Du et al. (2007) sebagai berikut. Kelembaban tanah dan kandungan fosfor yang tersedia terus menurun seiring bertambahnya usia lahan setelah ditinggalkan, sedangkan *pool* bahan organik, nitrogen total dan tersedia, kalium, dan fosfor total meningkat seiring bertambahnya usia lahan. Laju dan arah pemulihan vegetasi asli dan sifat tanah alami di lahan

terbengkalai ini menyerupai suksesi lahan lama klasik, yang merupakan bentuk suksesi sekunder yang sering berfungsi sebagai pola untuk memandu upaya restorasi. Pertanian Regeneratif merupakan teknologi yang mengadopsi kemampuan beregenerasi pada ekosistem vegetasi alam dimana Gremmen (2022) menyebutnya sebagai teknologi biomimetik.

SUKSESI AGROEKOSISTEM

Pertanian monokultur intensif mengejar target produksi, produktivitas dan keuntungan yang tinggi. Untuk memperoleh produktivitas dan efisiensi yang tinggi, sistem ini mensimplifikasi agroekosistem yaitu mengembangkan beberapa varietas unggul dari hanya satu spesies tanaman (Malézieux, 2012). Pada awalnya pertanian intensif monokultur akan meningkatkan hasil namun sangat bergantung kepada bahan kimia seperti pupuk dan pestisida yang dalam jangka panjang akan berpengaruh negatif terhadap lingkungan (Keniyu, 2022). Pada pertanian intensif banyak digunakan masukan energi tinggi, seperti irigasi, pupuk, pestisida, dan bibit unggul. Akan tetapi sistem ini tidak berhasil menjamin keberlanjutan pertanian karena terjadi degradasi sumber daya alam dan ketidakseimbangan ekologis (Maitra et al., 2021).

Agroekosistem berbeda secara kontras dengan ekosistem alami dari segi biodiversitas, baik tumbuhan, hewan maupun mikroorganisme. Selain itu para agroekologis memberi perhatian terhadap suksesi vegetasi yang menunjukkan kemampuan agroekosistem untuk memperbaiki diri dan berkembang. Setelah mengalami gangguan, ekosistem alami akan beregenerasi untuk memperoleh kembali fungsionalitasnya melalui suksesi tumbuhan yang memperkuat ekosistem. Sebaliknya pada agroekosistem kegiatan intensifikasi terus-menerus seperti pengolahan tanah pengendalian gulma terutama melalui

aplikasi herbisida menyebabkan agroekosistem mengalami gangguan suksesional yang terus menerus kembali ke awal suksesi sekunder (Crews et al., 2016). Apabila tindakan konservasi lahan kurang diperhatikan dan terjadi degradasi lahan yang parah maka kehilangan biodiversitas semakin meningkat dan tahap suksesi mundur ke arah awal suksesi primer. Pada situasi ini, program reforestrasi memerlukan upaya dan metode yang lebih tepat agar dapat berhasil seperti dilaporkan Liu et al. (2021).

Agroekosistem tanaman pangan yang berhasil secara ekologis berada pada tahap suksesi tengahan (mid-suksesi) bahkan dengan penanaman pepohonan komersial seperti karet dapat berkembang menjadi sistem agroforestry yang mirip hutan (*jungle rubber*). Sistem karet agroforestri memungkinkan biodiversitas terus meningkat dan suksesi vegetasi berlanjut mencapai tahap akhir suksesi agroekosistem (agro-ecosystems end-succession) yaitu pada agroekosistem hutan karet atau masuk pada suksesi hutan sekunder seperti dilaporkan Siswo (2022). Lahan kebun karet tua terlebih lagi lahan hutan karet merupakan lahan yang subur, yang umumnya kembali dibuka menjadi lahan pertanian tanaman pangan ataupun tanaman perkebunan. Ekosistem kembali ke awal suksesi sekunder.

Kesuburan tanah akan cepat menurun apabila konversi lahan tidak dilakukan dengan benar seperti dilaporkan oleh Ketterings et al. (2002). Pertumbuhan, produktivitas dan produksi yang terus menurun dalam jangka waktu tertentu merupakan indikasi utama sedang terjadi pengelolaan agroekosistem yang bersifat degeneratif (Evizal and Prasmatiwi 2022). Gejala pertanian degeneratif telah dilaporkan oleh Cramer (1957) pada perkebunan kopi yang dilaporkan sebagai “kehilangan secara parsial karakteristik penting tanaman”, atau “peralihan dari keadaan awal tanaman yang bagus menjadi keadaan yang kurang memuaskan”, atau

“perubahan yang memburuk karakteristik genetik tanaman yang ditanam dari biji karena penyerbukan silang alami”. Perkebunan kopi degeneratif dicirikan oleh penurunan pertumbuhan dan pembuahan sehingga menyebabkan penurunan produksi, peningkatan kerusakan akibat hama dan penyakit, penurunan produksi akibat cuaca yang buruk, penurunan kesuburan tanah

PILAR PERTANIAN REGENERATIF

Ide pertanian regeneratif sedikit berbeda dari konsep pertanian berkelanjutan. Pertanian berkelanjutan bertujuan untuk memelihara atau meningkatkan tingkat fungsi ekosistem yang diinginkan, sementara pertanian regeneratif lebih fokus pada regenerasi, pembaharuan, dan peningkatan lebih lanjut dalam fungsi tanah dan kemampuan ekosistem secara bertahap (Sanyal and Wolthuizen, 2021). Bagaimana

praktek pertanian regeneratif masih terus berkembang dan belum banyak dilaporkan terutama di perkebunan kopi.

Menurut Khangura et al. (2023), pertanian regeneratif merupakan prinsip dan praktek pertanian yang meningkatkan kesehatan tanah yang disajikan pada Tabel 1. Tujuan utamanya adalah untuk memanfaatkan proses alam, antara lain dengan melakukan hal-hal berikut: (1) Menangkap karbon tanah melalui fotosintesis tumbuhan penghasil biomassa tinggi, (2) meningkatkan interaksi mikrobial tanah simbiotik-tanaman, (3) menggunakan sistem biologis untuk meningkatkan struktur tanah dan retensi air, (4) integrasi ternak, denganantisipasi dampak positif pada jasa ekosistem. Secara ringkas pilar ekologi pertanian regeneratif meliputi (1) kesehatan tanah, (2) keragaman hayati, dan (3) integrasi ternak-tanaman.

Tabel 1. Prinsip dan praktek pertanian regeneratif (RA)

Prinsip-prinsip RA	Minimasi gangguan terhadap tanah, menjaga penutupan tanah, menjaga perakaran yang hidup sepanjang tahun, mendorong keragaman hayati, integrasi ternak - tanaman
Praktek-praktek RA	Tanpa olah tanah/olah tanah minimum, retensi tunggul tanaman bero setelah panen (stubble retention), rotasi tanaman yang beragam, tumpangsari tanaman, pengomposan dan penggunaan biostimulan, rotasi pengembalaan, mengurangi input sintetik
Manfaat RA	Meningkatkan kesehatan tanah melalui: meningkatkan karbon tanah, meningkatkan fungsi mikroba tanah dan asosiasi siklus unsur hara, meningkatkan lengas tanah, meningkatkan resiliensi terhadap hama dan penyakit, makanan yang kaya nutrien, mengurangi emisi gas rumah kaca
Mekanisme mikrobial	Berperan dalam jalur karbon, meningkatkan penyerapan air dan mineral, meningkatkan agregasi tanah, pertumbuhan tanaman dan fotosintesis

Sumber: Khangura et al (2023)

Selain hal tersebut di atas, Giller et al. (2021) menambahkan beberapa prinsip dan praktek agronomi sistem pertanian regeneratif antara lain lebih mengandalkan siklus hara biologis dengan aplikasi pupuk kandang, kompos, pupuk hijau dan tanaman penutup tanah, mempertahankan akar hidup di tanah, inokulasi tanah dan kompos,

mengurangi ketergantungan pada pupuk mineral, pertanian organik, dan permakultur. Selain itu dilakukan upaya mendorong perkolasi air melalui aplikasi biochar, kompos, dan pupuk kandang.

Elevitch et al. (2018) berpendapat bahwa tujuan pertanian regeneratif adalah terkait dengan tanah (berkontribusi untuk

membangun tanah bersama dengan kesuburan dan kesehatan tanah), air (meningkatkan perkolasi air, retensi air, dan limpasan air yang bersih dan aman), keragaman hayati (meningkatkan dan melestarikan keanekaragaman hayati), ekosistem sehat (kemampuan untuk pembaharuan diri dan resiliensi), dan karbon (sekuestrasi karbon). Prinsip pertanian regeneratif untuk sistem agroforestri atau perkebunan campuran adalah: (1) integrasi (adanya pohon, semak, dan tanaman keras terintegrasi ke dalam sistem pertanian), (2) Kepadatan (tumbuhan per satuan luas, struktur horizontal), (3) multistrata (strata direpresentasikan dalam struktur berlapis dan sistem akar, struktur vertikal), (4) multi-spesies (jumlah famili tanaman, genera, spesies, dan varietas dari waktu ke waktu, suksesi temporal).

Beberapa contoh praktek pertanian regeneratif yang diadopsi dari Newton et al (2020) sebagai agroekosistem buatan yang meniru kemampuan regenerasi vegetasi alami antara lain sebagai berikut: (1) Mengurangi pengolahan tanah (tanpa olah tanah atau olah tanah minimum), (2) melindungi tanah (tanaman penutup tanah atau pohon, terasering), (3) meningkatkan keragaman tanaman (tanaman penutup tanah, tanaman sela, tumpangsari), (4) integrasi dengan tanaman pohon (agroforestri), (5) rotasi tanaman (tanaman semusim, tanaman tahunan), (6) restorasi habitat alami (di sekeliling batas, di zona penyangga), (7) integrasi dengan ternak dan komponen biologi lainnya (ternak lebah dan cacing, budidaya jamur dan Azolla), (8) optimasi *on-farm input*, minimasi *external in-put*, (9) menggunakan metode organik (meminimalkan pupuk anorganik, optimalkan pupuk kandang dan kompos, meminimalkan pestisida sintetik, gunakan pestisida nabati, meminimalkan penggunaan herbisida, mengoptimalkan pengendalian gulma mekanis), (10) optimasi penggunaan sumberdaya lokal.

PERKEBUNAN KOPI REGENERATIF

Beberapa perusahaan multinasional melaksanakan program pendampingan bagi para petani kopi dengan memberikan pelatihan, bantuan teknis, bantuan kambing dan kandangnya, serta menyediakan bibit kopi berkualitas tinggi untuk membantu mereka beralih ke praktik pertanian kopi regeneratif. Beberapa contoh praktik pertanian regeneratif yang diterapkan dan didampingi antara lain sebagai berikut:

1. Penanaman jenis tanaman penabung untuk melindungi tanah. Selain melindungi tanah, cara ini juga dapat meningkatkan biomassa tanah, yang berperan dalam peningkatan bahan organik tanah untuk meningkatkan penyerapan karbon tanah.
2. Aplikasi pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, yang juga merupakan faktor penting dalam menjaga kesehatan tanah.
3. Penerapan pola agroforestri dan tumpangsari untuk mendukung pelestarian keanekaragaman hayati.
4. Penyambungan dan penanaman kembali dengan bibit yang tahan terhadap hama atau perubahan iklim, yang dapat membantu dalam peremajaan kebun kopi dan peningkatan hasil panen (<https://www.nestle.co.id/media/pressreleases/allpressreleases/nescafe-plan-2030>).

Klon Unggul

Salah satu bukti penerapan perkebunan kopi regeneratif adalah banyak ditemukan perkebunan kopi rakyat yang telah berumur lebih dari 40 tahun dalam kondisi tanaman dan produktivitas kopi yang tinggi seperti dilaporkan Saragih (2017). Pemilihan klon atau varietas unggul merupakan pilar penting perkebunan kopi regeneratif seperti dijelaskan oleh Cramer (1957) terkait penurunan sifat pada tanaman asal biji.

Untuk klon kopi Robusta unggul, pada tahun 1997 Menteri Pertanian telah melepas beberapa klon unggul kopi Robusta antara

lain BP 42, BP 409, BP 358, BP 288, dan SA 237. Selanjutnya pada periode tahun 2023-2005 dilepas klon unggul BP 534, BP 936, BP 436, SA 203, BP 920, BP 939, BP 308, dan BP 234. Pada sepuluh tahun terakhir ini banyak dilepas klon unggul yang diseleksi dari klon unggul lokal antara lain dari Bengkulu pada tahun 2014 dilepas klon Sehasence, Sintaro 1, Sintaro 2, dan Sintaro 3. Pada tahun 2019 dilepas klon unggul yang berasal dari Pagar Alam, Sumatera Selatan yaitu klon Basemah 1 dan Basemah 2. Pada tahun 2019 Menteri Pertanian juga melepas klon unggul yang berasal dari Lampung yaitu Korolla 1 (nama lokal klon Tugu Kuning), Korolla 2 (nama lokal klon Tugu Hijau), Korolla 3 (nama lokal klon Lengkong), dan Korolla 4 (nama lokal klon Bodong Jaya).

Wagner et al (2021) dan Evizal et al (2020) melaporkan pengaruh cuaca yang ekstrem basah atau ekstrem kering yang dapat menurunkan produktivitas kopi. Martin et al. (2018), Evizal dan Prasmatiwi et al. (2020), dan Camargo (2010) berpendapat bahwa adaptasi terhadap perubahan iklim terutama dilakukan dengan cara pengembangan genetik yang tahan atau toleran perubahan iklim serta pengembangan agroteknologi. Evizal et al. (2019) melaporkan adanya klon/genotip yang tidak toleran terhadap variabilitas cuaca seperti kopi Bakir, Garudak, Tugu kuning, Parlan, Lengkong; klon yang kurang toleran seperti klon Tugu sari, Tugu hijau, Komari, Ropen, Ersad, Grembyang, Tugino, Linggapura, dan Air Dingin. Sedangkan klon yang toleran terhadap variabilitas cuaca seperti klon Malang, Manalagi Tegalrejo, Pampangan Daun Lebar, Bagio, Ciari, Semarang. Klon-klon lokal harapan tersebut perlu diteliti lebih lanjut. Sebanyak 6 klon unggul kopi yang berasal dari Kabupaten Tanggamus, Lampung sudah terdaftar di PPVTP (Pusat Perlindungan Varietas Tanaman Pangan) yaitu klon Komari, Kopi Kuning, Kasio, Kopi Hijau, Sailing, dan Randu Alas. Selain itu 2 klon unggul kopi yang berasal dari Kabupaten Lampung

Barat, Lampung sudah terdaftar di PPVTP yaitu klon Cipto dan klon Imam Gihim.

Penyambungan

Evizal dan Prasmatiwi (2020) melaporkan bahwa peremajaan dan penyambungan merupakan teknologi pertanian yang penting untuk mempertahankan bahkan meningkatkan produktivitas kopi. Konsep ini, sebagaimana yang dijelaskan oleh Cramer (1957), mengacu pada upaya meningkatkan kembali produktivitas saat terjadi penurunan degeneratif.

Kebun kopi yang tidak terawat dengan pohon yang tinggi dan kurang produktif dapat direhabilitasi melalui pemangkasan rejuvenasi total dengan memotong pada ketinggian 1 meter untuk memelihara 2-3 tunas air. Kebun yang telah direjuvenasi dapat dimanfaatkan untuk bertanam sayuran, dan tunas rejuvenasi biasanya akan berbuah dalam 2-3 tahun.

Penyambungan atau grafting dilakukan baik pada kebun yang direhabilitasi maupun pada kebun yang akan diklonisasi. Pada kebun yang direjuvenasi, penyambungan dilakukan pada tunas-tunas air, sedangkan pada kebun muda atau dewasa yang berasal dari bibit biji, pemangkasan dan penyambungan dilakukan secara bertahap, baik secara diupahkan atau dikerjakan sendiri.

Batang bawah yang umum digunakan di Lampung adalah kopi Robusta dan Liberika, sementara batang atas yang menentukan produksi kopi dalam grafting adalah kopi Robusta dan kopi Arabika yang berupa entres klon unggul. Pemilihan pohon induk sebagai bahan klonal melibatkan pertimbangan terhadap berbagai faktor seperti produksi buah yang lebat, dompol buah yang besar dan rapat, fluktuasi berbuah yang minimal, percabangan yang kuat, berbuku rapat, sedikit tunas wiwilan, ukuran buah sedang hingga besar, serta kulit buah yang tidak terlalu tebal sehingga tidak mudah pecah ketika musim hujan. Agroteknologi penyambungan kopi ini

terkait erat dengan pemangkasan, rejuvenasi, pemilihan batang bawah, dan penyambungan dengan klon unggul atau klonisasi.

Pohon Pelindung

Pada perkebunan kopi bernaungan atau agroforestri, pohon pelindung memberikan banyak layanan lingkungan meliputi *supporting services*, *regulating services*, maupun *provisioning services*. Kebun kopi bernaungan memenuhi kriteria sistem produksi yang ramah lingkungan dari semua standar sertifikasi lingkungan. Sistem sertifikasi yang banyak digunakan untuk produksi kopi antara lain Fair Trade, 4C Common Code, (3) Rainforest Alliance, Organic, dan Utz Certification. Agroekosistem kopi bernaungan dadap atau gamal memberikan nilai keberlanjutan yang tinggi baik dari segi usahatani (Evizal et al., 2010) maupun dari segi agroekosistem.

Tingkat penanaman oleh pohon pelindung berpengaruh terhadap produktivitas kopi. Penanaman yang tinggi akan menghasilkan produktivitas yang rendah. Produktivitas yang tinggi umumnya diperoleh pada kebun kopi berpohon pelindung dengan level penanaman medium (Haggard et al., 2021). Penanaman multistrata dan multispecies dapat memiliki resiliensi siklus hara yang lebih baik daripada sistem penanaman teknis satu spesies pohon (Nesperi et al., 2019). Tipe penanaman berpengaruh terhadap sifat biologi dan kimia tanah serta struktur *food web*. Pohon naungan legum penambat N meningkatkan ketersediaan hara (Sauvadet et al., 2019).

Sistem kopi berpohon naungan memainkan peran penting dalam produksi biomassa, termasuk seresah, kayu dan kayu bakar, dan penyerapan C. Bahkan pohon pelindung memberikan manfaat ekologis lainnya seperti tanah konservasi, konservasi keanekaragaman hayati, dan penyediaan nutrisi melalui jatuhnya seresah dan fiksasi nitrogen jika pohon adalah jenis pohon legum. Untuk bakteri tanah secara umum, dilaporkan Evizal et al. (2012) bahwa sistem

kopi bernaungan pohon pelindung memiliki keragaman bakteri tanah yang lebih tinggi daripada sistem kopi tanpa naungan. Keragaman bakteri tanah merupakan indikator kesehatan tanah, sehingga sistem kopi bernaungan pohon pelindung dapat memberikan produktivitas kopi yang lebih tinggi daripada sistem kopi tanpa pohon pelindung.

Kebun Campuran

Keragaman hayati, baik flora, fauna, dan mikroba merupakan pilar utama pertanian regeneratif karena ketiga komponen hayati tersebut yang beregenerasi dan berinteraksi dengan komponen abiotik. Dengan demikian berbagai praktek agronomi yang terkait dengan peningkatan keragaman vegetasi, seperti penanaman pohon, tumpangsari, dan rotasi merupakan pilar penting sistem pertanian regeneratif. Bustos (2008) melaporkan praktek tumpangsari di perkebunan kopi sudah dimulai sejak tanaman kopi masih kecil, yaitu dengan sistem tanaman sela terutama tanaman semusim. Tumpangsari terus dilakukan sehingga membentuk sistem kopi agroforestri multistrata sebagai sumber pendapatan keluarga, keragaman pangan dan keamanan pangan seperti dilaporkan Jemal et al. (2021).

Sistem budidaya kopi berpohon naungan dan sistem kebun kopi tumpangsari (dikenal sebagai sistem kopi agroforestri) merupakan praktek terbaik (*best practices*) dari sistem perkebunan kopi regeneratif. Model perkebunan kopi agroforestri perlu terus diteliti dan dikembangkan (Le et al., 2021). Sistem kopi agroforestri tidak saja ramah bagi lingkungan (pilar ekologi) tetapi juga meningkatkan produktivitas kopi dan pendapatan petani dari hasil tanaman campuran (pilar ekonomi pada sistem pertanian berkelanjutan). Supriadi dan Pranowo (2015) merinci peran positif kopi agroforestri yaitu terhadap konservasi sumberdaya (lahan, air, dan keragaman hayati), siklus unsur hara, iklim mikro, cadangan karbon, dan pendapatan petani.

Tanaman tumpangsari yang penting di perkebunan kopi antara lain pisang, lada, petai, durian, kemiri, alpukat, kayu manis, kakao, dan aren (Evizal 2013). Prasmatiwi dan Evizal (2023) melaporkan bahwa tanaman tumpangsari mampu memberi sumbangan penting bagi pendapatan usahatani kopi. Selain itu musim panen tanaman campuran berbeda dengan musim panen kopi sehingga merupakan sumber pendapatan di luar musim panen kopi.

Integrasi Ternak - Perkebunan

Integrasi usahatani dan usaha ternak merupakan bagian penting dari pengelolaan perkebunan rakyat di Lampung yaitu mengoptimalkan agroekosistem sebagai sumber pakan hijau ternak, terutama kambing dan sapi (Evizal and Prasmatiwi, 2023). Dengan penataan tanaman kopi, pohon pelindung, tanaman tumpangsari, dan tanaman rumput, maka kebun kopi 1 ha cukup untuk menghasilkan pakan hijau ternak 15-20 kambing (Evizal et al., 2017). Tanaman rumput pakan ternak yang populer saat ini antara lain adalah rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) yang ditanam di sekeliling kebun. Kotoran padatan dan cair yang dihasilkan ternak merupakan sumber pupuk kandang, bahan pupuk cair, dan bahan pembuatan kompos untuk diaplikasikan di kebun kopi (Hida et al., 2023).

Di perkebunan kopi rakyat, ada delapan jenis pohon atau tanaman yang dimanfaatkan petani sebagai sumber pakan ternak. Petani menyatakan bahwa pakan hijauan yang disukai kambing adalah hijauan (daun dan ranting) pohon lamtoro, dan gamal dari jenis legum yang merupakan pohon pelindung kopi, serta durian dan kayu afrika dari nonlegum. Beberapa jenis pohon penghasil kayu bangunan seperti kayu Afrika, cempaka, dan medang ditanam sebagai pohon batas di pinggir kebun. Pemangkasan cabang untuk memanen hijauan dapat mendorong pohon tumbuh lurus, memerlukan keterampilan memanjat, namun dapat pula menggunakan sabit kait

bergalah panjang. Pohon buah seperti nangka, pisang, alpukat dapat dipanen sebagai hijauan namun jangan sampai mengganggu pertumbuhan tanaman (Evizal et al., 2017).

Panen hijauan dari aneka pohon di kebun campuran serta rumput odot di sekeliling kebun umum dilakukan oleh pekebun kopi dan kakao (Evizal and Prasmatiwi, 2023). Di kebun kopi dan sekitar kebun juga dapat diperoleh hijauan yang tidak ditanam dari gulma jenis rumput maupun daun lebar. Alang-alang mudah tersedia namun tidak umum dimanfaatkan sebagai pakan karena kurang disukai sapi. Gulma daun lebar seperti rayutan (*Mikania micrantha*) dan bayaman (*Asytasia gangetica*) banyak tersedia dan disukai ternak. Dengan demikian terdapat paradox bahwa gulma merupakan pengganggu bagi tanaman kopi sehingga perlu dikendalikan, disisi lain gulma tertentu dapat dipanen sebagai pakan ternak. Cara integrasi yang paling sesuai adalah dengan bertanam pohon perdu atau rumput pakan di sekeliling kebun.

KESIMPULAN

Sistem pertanian bertransformasi sejalan dengan perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan seperti ekologi, lingkungan, kesehatan, biodiversitas, dan perubahan iklim. Transformasi secara cepat dan fundamental sistem pertanian yang disebut revolusi hijau berbasis pada penggunaan input yang tinggi untuk meningkatkan produksi pertanian. Penggunaan input yang tidak ramah lingkungan dan munculnya kesadaran lingkungan mendorong transformasi sistem pertanian menjadi pertanian bermahzab lingkungan seperti *ecofarming*, *organic farming*, *sustainable agriculture*, dan *regenerative agriculture*. Pertanian regeneratif merupakan teknologi yang mengadopsi kemampuan beregenerasi pada ekosistem vegetasi alam. Praktek perkebunan kopi regeneratif antara lain penggunaan klon atau varietas unggul baik

untuk batang bawah atau batang atas, penyambungan (*grafting*), penanaman pohon pelindung dan tanaman campuran, dan integrasi ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Bustos, A. P., H. A. J. Pohlan, and M. Schulz. 2008. "Interaction between Coffee (*Coffea Arabica* L.) and Intercropped Herbs under Field Conditions in the Sierra Norte of Puebla, Mexico." *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics* 109 (1): 85–93.
- Camargo, M. B. P. de. 2010. "The Impact of Climatic Variability and Climate Change on Arabic Coffee Crop in Brazil." *Bragantia* 69 (1): 239–47. <https://doi.org/10.1590/s0006-87052010000100030>.
- Cramer, P.J.S. 1957. *Review of Literature Coffee Research in Indonesia*. Edited by F. L. Wellman. Turrialba, Costa Rica: InterAmerican Institute of Agriculture Sciences.
- Crews, T. E., J. Blesh, S. W. Culman, R. C. Hayes, E. S. Jensen, M. C. Mack, M. B. Peoples, and M. E. Schipanski. 2016. "Going Where No Grains Have Gone before: From Early to Mid-Succession." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 223: 223–38. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.012>.
- Du, F., H. B. Shao, L. Shan, Z. S. Liang, and M. A. Shao. 2007. "Secondary Succession and Its Effects on Soil Moisture and Nutrition in Abandoned Old-Fields of Hilly Region of Loess Plateau, China." *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 58 (2): 278–85. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2007.04.002>.
- Elevitch, C. R., D. N. Mazaroli, and D. Ragone. 2018. "Agroforestry Standards for Regenerative Agriculture." *Sustainability* 10: 1–21. <https://doi.org/10.3390/su10093337>.
- Evizal, R. 2013. "Etno-Agronomi Pengelolaan Perkebunan Kopi Di Sumberjaya Kabupaten Lampung Barat." *Agrotrop* 3 (2): 1–12.
- Evizal, R., F.E. Prasmatiwi, S. Widagdo, and H. Novpriansyah. 2019. "Adaptasi Budidaya Kopi Di Lampung Pada Perubahan Iklim." In *Seminar Dan Lokakarya Nasional Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia*, 14–21. Banda Aceh: Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.
- Evizal, R., and F. E. Prasmatiwi. 2022. "Gejala Produktivitas Rendah Dan Pertanian Degeneratif." *Jurnal Agrotropika* 21 (2): 75–85.
- . 2023. "Struktur Agroforestri Kakao Muda Dan Penerimaan Petani Di Desa Sidomulyo Kecamatan Air Naningan, Tanggamus." *Jurnal Agrotropika* 22 (2): 72–83.
- Evizal, R., F. E. Prasmatiwi, T. Syam, H. Pujisiswanto, and R. Sutrisna. 2017. "Sistem Integrasi Ternak Ruminansia Dan Tanaman Di Perkebunan Kopi Semiorganik." In *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian*, 1033–40. Universitas Bangka Belitung.
- Evizal, R., F. E. Prasmatiwi, S. Widagdo, and H. Novpriansyah. 2020. "Etno-Agronomi Budidaya Kopi Yang Toleran Variabilitas Curah Hujan." *Jurnal Agro Industri Perkebunan* 8 (1): 49–59. <https://doi.org/dx.doi.org/10.25181/jaip.v8i1.1392>.
- Evizal, R., and F.E. Prasmatiwi. 2020. "Agroteknologi Kopi Grafting Untuk Peningkatan Produksi." *Jurnal Agrotek Tropika* 8 (3): 423–34. <https://doi.org/10.23960/jat.v8i3.4088>.
- Evizal, R., . Tohari, I. D. Prijambada, J. Widada, F. E. Prasmatiwi, and . Afandi. 2010. "Pengaruh Tipe Agroekosistem Terhadap Produktivitas Dan Keberlanjutan Usahatani Kopi." *Jurnal Agrotropika* 15 (1): 17–22.
- Evizal, R., . Tohari, I. D. Prijambada, J. Widada, and D. Widiyanto. 2012. "Soil Bacterial Diversity and Productivity of Coffee - Shade Tree Agro-Ecosystems." *Journal of Tropical Soils* 17 (2): 181–87. <https://doi.org/10.5400/jts.2012.v17i2.181-187>.

- Giller, K. E., R. Hijbeek, J. A. Andersson, and J. Sumburg. 2021. "Regenerative Agriculture: An Agronomic Perspective." *Outlook on Agriculture* 50 (1): 13–25. <https://doi.org/10.1177/0030727021998063>.
- Gremmen, B. 2022. "Regenerative Agriculture as a Biomimetic Technology." *Outlook on Agriculture* 51 (1): 39–45. <https://doi.org/10.1177/00307270211070317>.
- Haggar, J., F. Casanoves, R. Cerda, S. Cerretelli, S. Gonzalez-Mollinedo, G. Lanza, E. Lopez, B. Leiva, and A. Ospina. 2021. "Shade and Agronomic Intensification in Coffee Agroforestry Systems: Trade-Off or Synergy?" *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5 (April): 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.645958>.
- Hida, D. A. N., D. Rachmina, and A. Rifin. 2023. "Optimizing the Integrated Farming System of Coffee and Goat to Maximize Farmers' Income in North Sumatra, Indonesia." *Agro Bali: Agricultural Journal* 6 (1): 29–39. <https://doi.org/10.37637/ab.v6i1.1147>.
- Jemal, O. M., D. Callo-Concha, and M. van Noordwijk. 2021. "Coffee Agroforestry and the Food and Nutrition Security of Small Farmers of South-Western Ethiopia." *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5 (August): 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.608868>.
- Keniyo, R. L. 2022. "Negative Effects of Industrial Agriculture." *The FibeFarm People, Technology, Knowledge*, no. 6: 1–5.
- Ketterings, Q. M., M. van Noordwijk, and J. M. Bigham. 2002. "Soil Phosphorus Availability a Er Slash-and-Burn Fires of Different Intensities in Rubber Agroforests in Sumatra, Indonesia." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 92: 37–48.
- Khangura, R., D. Ferris, C. Wagg, and J. Bowyer. 2023. "Regenerative Agriculture—A Literature Review on the Practices and Mechanisms Used to Improve Soil Health." *Sustainability (Switzerland)* 15 (3): 1–41. <https://doi.org/10.3390/su15032338>.
- Le, Quan Vu, Sanya Cowal, Grace Jovanovic, and Don Thuan Le. 2021. "A Study of Regenerative Farming Practices and Sustainable Coffee of Ethnic Minorities Farmers in the Central Highlands of Vietnam." *Frontiers in Sustainable Food Systems* 5 (October): 1–14. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.712733>.
- Liang, J., X. A. Wang, Z. D. Yu, Z. M. Dong, and J. C. Wang. 2010. "Effects of Vegetation Succession on Soil Fertility within Farming-Plantation Ecotone in Ziwuling Mountains of the Loess Plateau in China." *Agricultural Sciences in China* 9 (10): 1481–91. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60241-8](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60241-8).
- Liu, T., K. Jiang, Z. Tan, Q. He, H. Zhang, and C. Wang. 2021. "A Method for Performing Reforestation to Effectively Recover Soil Water Content in Extremely Degraded Tropical Rain Forests." *Frontiers in Ecology and Evolution* 9 (February): 1–10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.643994>.
- Maitra, S., A. Hossain, M. Brestic, M. Skalicky, P. Ondrisik, H. Gitari, K. Brahmachari, et al. 2021. "Intercropping—A Low Input Agricultural Strategy for Food and Environmental Security." *Agronomy* 11 (343): 1–29. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>.
- Malézieux, E. 2012. "Designing Cropping Systems from Nature." *Agronomy for Sustainable Development* 32 (1): 15–29. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0027-z>.
- Martins, L. D., F. C. Eugenio, W. N. Rodrigues, S. V. B. Brinati, T. V. Colodetti, B. F. Christo, D. B. L. Olivas, et al. 2018. "Adaptation to Long-Term Rainfall Variability for Robusta Coffee Cultivation in Brazilian Southeast." *American Journal of Climate Change* 07 (04): 487–504. <https://doi.org/10.4236/ajcc.2018.74030>.
- Nesper, M., C. Kueffer, S. Krishnan, C. G. Kushalappa, and J. Ghazoul. 2019. "Simplification of Shade Tree Diversity Reduces Nutrient Cycling Resilience in Coffee Agroforestry." *Journal of Applied Ecology* 56 (1): 119–31. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13333>.

- 10.1111/1365-2664.13176.
- Newton, P., N. Civita, L. Frankel-Goldwater, K. Bartel, and C. Johns. 2020. "What Is Regenerative Agriculture? A Review of Scholar and Practitioner Definitions Based on Processes and Outcomes." *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4 (October): 1–11. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.577723>.
- Sanyal, D., and J. Wolthuizen. 2021. "Regenerative Agriculture: Beyond Sustainability." *International Journal on Agriculture Research and Environmental Sciences* 2 (1): 2–4. <https://doi.org/10.51626/ijares.2021.02.0007>.
- Saragih, J. R. 2017. "Aspek Sosioekologis Usahatani Kopi Arabika Di Dataran Tinggi Kabupaten Simalungun Sumatera Utara." *Sosiohumaniora* 19 (3): 253–59.
- Sauvadet, M., K. Van den Meersche, C. Allinne, F. Gay, E. de M.V. Filho, M. Chauvat, T. Becquer, P. Tixier, and J. Harmand. 2019. "Shade Trees Have Higher Impact on Soil Nutrient Availability and Food Web in Organic than Conventional Coffee Agroforestry." *Science of the Total Environment* 649: 1065–74. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.291>.
- Siswo, C. W. Yun, H. Kim, J. Lee, B. D. Atmoko, and L. Brahmantya. 2022. "Assessing Herb Layer Composition under Jungle Rubber in Sungai Manau Forest, Jambi, Indonesia: Indicator Species and Tree Regeneration Potential." *Biodiversitas* 23 (10): 5247–57. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231034>.
- Supriadi, H., and D. Pranowo. 2015. "Prospek Pengembangan Agroforestri Berbasis Kopi Di Indonesia." *Perspektif* 14 (2): 135–50.
- Wagner, S., L. Jassogne, E. Price, M. Jones, and R. Preziosi. 2021. "Impact of Climate Change on the Production of Coffea Arabica at Mt. Kilimanjaro, Tanzania." *Agriculture (Switzerland)* 11 (53): 1–15. <https://doi.org/10.3390/agriculture11010053>.