

***Community Education and Training on Biochar Production for Climate Change
Mitigation and Adaptation in Arabica Coffee Cultivation***

***Sosialisasi dan Pelatihan Pembuatan Biochar untuk Mitigasi dan Adaptasi Perubahan
Iklim pada Tanaman Kopi Arabika***

Syahirman Hakim¹, Anis Nugrahawati^{2*}, Rossy Azhar³, Dani Pratama Putra⁴, Salman⁵

¹Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh

²Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh, Aceh Utara, Aceh

^{3,4}Program Studi Akuakultur, Fakultas Pertanian, Universitas Almuslim, Bireuen, Aceh

⁵Dinas Pertanian, Kabupaten Aceh Tengah, Aceh

E-mail korespondensi : anis.nugrahawati@unimal.ac.id

Article history : Submitted (5 Februari 2026), Reviewed (19 April 2026),

Accepted (9 Juli 2026), Published (25 Juli 2026)

DOI : <https://doi.org/10.55678/jas.v2i2.2630>

ABSTRACT

This community service activity aimed to improve the knowledge and skills of Arabica coffee farmers in producing biochar from coffee biomass waste as an effort to support climate change mitigation and adaptation. The activity was conducted with 25 members of the Mekar Ayu Farmers Group in Mekar Damai Village, Atu Lintang District, Central Aceh Regency. The methods included community education on climate change and biochar benefits, technical training on biochar production using coffee husk, coffee parchment, and sawdust, field demonstration of biochar application, and activity evaluation through pre-test, post-test, observation, and group discussion. The results showed that farmers' knowledge increased from 58% in the pre-test to 88% in the post-test. Participants were also able to produce biochar independently using a simple drum-based pyrolysis unit. Field application on a demonstration plot showed initial improvements in soil moisture, soil pH, and vegetative growth of young coffee plants. This activity strengthened farmers' capacity to utilize coffee waste as a soil amendment and supported sustainable Arabica coffee farming.

Keywords: biochar, climate change, Arabica coffee, biomass waste, farmer empowerment

ABSTRAK

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani kopi Arabika dalam memproduksi biochar dari limbah biomassa kopi sebagai upaya mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Kegiatan dilaksanakan bersama 25 anggota Kelompok Tani Mekar Ayu di Desa Mekar Damai, Kecamatan Atu Lintang, Kabupaten Aceh Tengah. Metode kegiatan meliputi sosialisasi mengenai perubahan iklim dan manfaat biochar, pelatihan teknis pembuatan biochar menggunakan kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, dan serbuk gergaji, demonstrasi aplikasi biochar di lahan kopi, serta evaluasi melalui pre-test, post-test, observasi, dan diskusi kelompok. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa pengetahuan petani meningkat dari 58% pada pre-test menjadi 88% pada post-test. Peserta juga mampu memproduksi biochar secara mandiri menggunakan alat pirolisis sederhana berbasis drum. Aplikasi biochar pada lahan percontohan menunjukkan indikasi

awal perbaikan kelembapan tanah, pH tanah, dan pertumbuhan vegetatif tanaman kopi muda. Kegiatan ini memperkuat kapasitas petani dalam memanfaatkan limbah kopi sebagai bahan pembenah tanah dan mendukung pertanian kopi Arabika yang berkelanjutan.

Kata kunci: biochar, perubahan iklim, kopi Arabika, limbah biomassa, pemberdayaan petani

1. PENDAHULUAN

Perubahan iklim global menjadi salah satu tantangan utama dalam keberlanjutan sektor pertanian, termasuk budidaya kopi Arabika (*Coffea arabica*). Kopi Arabika dikenal sebagai tanaman yang sensitif terhadap perubahan suhu, curah hujan, kelembapan, dan kejadian cuaca ekstrem. Peningkatan suhu dan perubahan pola curah hujan dapat memengaruhi pertumbuhan tanaman, fase pembungaan, pembentukan buah, produktivitas, serta kualitas biji kopi. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan pendapatan petani dan mengancam keberlanjutan usaha tani kopi, khususnya di wilayah dataran tinggi yang menjadi sentra produksi kopi Arabika. Oleh karena itu, diperlukan upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim yang mudah diterapkan oleh petani, berbasis sumber daya lokal, serta mendukung pertanian kopi yang berkelanjutan (Kabir et al., 2023; Khan et al., 2024; Hakim et al., 2024). Kondisi ini juga telah dibuktikan pada petani kopi Arabika di dataran tinggi Aceh Tengah, yang produktivitas, kualitas hasil, dan pendapatannya dipengaruhi secara nyata oleh perubahan unsur iklim (Widayat et al., 2015).

Salah satu teknologi ramah lingkungan yang dapat diterapkan dalam mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim adalah biochar. Biochar merupakan bahan padat kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa dalam kondisi oksigen terbatas. Penerapan biochar ke dalam tanah berpotensi meningkatkan kandungan karbon organik, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, memperbaiki kapasitas tukar kation, serta membantu penyimpanan karbon dalam jangka panjang. Dalam konteks budidaya kopi, bahan baku biochar dapat berasal dari limbah biomassa lokal seperti kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, ampas kopi, serbuk gergaji, dan sisa biomassa pertanian lainnya. Pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan baku biochar tidak hanya mendukung

perbaikan kualitas tanah, tetapi juga menjadi bagian dari pendekatan ekonomi sirkular karena mengubah limbah pertanian menjadi produk yang bernilai guna bagi petani (Sánchez-Reinoso et al., 2023; Evizal & Prasmatiwi, 2023; Evizal et al., 2024). Secara global, valorisasi limbah kopi menjadi biochar dan produk bernilai tambah lainnya juga semakin diakui sebagai salah satu strategi utama dalam mendukung bioekonomi sirkular pada rantai pasok kopi (Melikoglu, 2025).

Kelompok Tani Mekar Ayu di Desa Mekar Damai, Kecamatan Atu Lintang, Kabupaten Aceh Tengah, merupakan salah satu kelompok petani kopi Arabika yang memiliki potensi besar dalam pemanfaatan limbah kopi. Namun, berdasarkan kondisi mitra, pemanfaatan limbah biomassa kopi masih belum optimal. Petani umumnya belum memiliki pengetahuan dan keterampilan yang memadai mengenai proses pembuatan biochar, penggunaan alat pirolisis sederhana, pemilihan bahan baku, pengaturan proses pembakaran, serta teknik aplikasi biochar pada lahan kopi. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa potensi limbah kopi sebagai bahan pembenah tanah belum sepenuhnya dimanfaatkan untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di tingkat petani. Kebaruan kegiatan pengabdian ini terletak pada pendekatan pelatihan terpadu yang menggabungkan sosialisasi perubahan iklim, praktik langsung pembuatan biochar dari limbah kopi lokal, demonstrasi aplikasi biochar di lahan kopi, serta pendampingan awal untuk mendorong terbentuknya kemandirian kelompok tani dalam memproduksi dan memanfaatkan biochar. Kegiatan pengabdian berbasis pelatihan dan praktik langsung terbukti relevan dalam meningkatkan kapasitas masyarakat karena memungkinkan peserta memahami materi sekaligus menerapkannya sesuai kebutuhan lokal (Putri et al., 2024; Hakim et al., 2024).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani kopi Arabika dalam pembuatan dan pemanfaatan biochar berbahan baku limbah kopi sebagai upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Kegiatan ini penting dilakukan karena petani membutuhkan teknologi yang sederhana, murah, ramah lingkungan, dan sesuai dengan kondisi lokal. Melalui kegiatan sosialisasi, pelatihan teknis, demonstrasi lapangan, dan pendampingan, petani diharapkan mampu memahami manfaat biochar, memproduksi biochar secara mandiri, mengaplikasikannya pada lahan kopi, serta mengembangkan potensi biochar sebagai bahan pembenah tanah dan peluang usaha berbasis komunitas. Pendekatan pemberdayaan berbasis partisipasi masyarakat dan pemanfaatan potensi lokal juga penting untuk memperkuat kemandirian sosial ekonomi kelompok sasaran secara berkelanjutan (Nugrahawati et al., 2025). Dengan demikian, kegiatan ini diharapkan dapat memperkuat kapasitas petani dalam menghadapi dampak perubahan iklim sekaligus mendukung pertanian kopi Arabika yang lebih berkelanjutan.

2. METODE PENGABDIAN

Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada tanggal 10–12 September 2025 dan dilanjutkan dengan pendampingan serta monitoring awal pada minggu berikutnya. Kegiatan utama dilaksanakan bersama Kelompok Tani Mekar Ayu di Desa Mekar Damai, Kecamatan Atu Lintang, Kabupaten Aceh Tengah, Provinsi Aceh. Mitra kegiatan berjumlah 25 orang petani kopi Arabika yang tergabung dalam kelompok tani tersebut.

Pelaksanaan kegiatan dipusatkan di Balai Kelompok Tani Mekar Ayu dan lahan kopi milik anggota kelompok yang digunakan sebagai lokasi praktik lapangan dan demonstrasi plot. Pemilihan lokasi didasarkan pada karakteristik Desa Mekar Damai sebagai salah satu wilayah penghasil kopi Arabika di dataran tinggi Aceh Tengah serta ketersediaan limbah biomassa kopi yang berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar.

Selain itu, kelompok tani mitra memiliki keterbukaan terhadap penerapan teknologi sederhana yang mendukung pengelolaan limbah, perbaikan kualitas tanah, serta adaptasi dan mitigasi perubahan iklim pada budidaya kopi Arabika.

Kegiatan ini melibatkan tim dosen dan mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Almuslim, penyuluh pertanian lapangan, serta aparatur desa setempat. Kolaborasi antara perguruan tinggi, kelompok tani, penyuluh, dan pemerintah desa dilakukan untuk mendukung kelancaran pelaksanaan kegiatan, transfer pengetahuan, praktik pembuatan biochar, serta keberlanjutan penerapan teknologi biochar di tingkat petani.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini terdiri atas alat produksi biochar, alat praktik lapangan, alat keselamatan kerja, serta alat pendukung sosialisasi dan evaluasi. Alat utama yang digunakan adalah piroliser sederhana berbahan drum besi berkapasitas 200 liter sebagai reaktor pirolisis dalam proses pembuatan biochar. Untuk mendukung proses produksi, digunakan termometer digital untuk memantau suhu pembakaran, timbangan digital untuk menakar bahan baku, sekop, cangkul, ember, karung, ayakan, dan wadah penyimpanan biochar.

Pada kegiatan praktik dan aplikasi biochar di lahan kopi, digunakan peralatan pertanian sederhana seperti cangkul, sekop, ember, alat ukur, dan sprayer. Alat pelindung diri yang digunakan meliputi masker, sarung tangan, dan kacamata pelindung untuk menjaga keselamatan peserta selama proses pembuatan biochar. Kegiatan sosialisasi dan evaluasi didukung dengan laptop, proyektor, papan tulis, alat tulis, modul pelatihan, lembar *pre-test* dan *post-test*, lembar observasi, serta dokumentasi kegiatan menggunakan kamera atau telepon genggam berkamera.

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan biochar adalah limbah biomassa kopi yang tersedia di sekitar lokasi kegiatan, yaitu kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, dan ampas kopi. Selain limbah kopi, digunakan pula serbuk gergaji dan ranting kayu kering sebagai bahan pendukung proses pembakaran awal.

Pada tahap aplikasi di lahan, biochar dicampurkan dengan pupuk kompos sebelum diberikan pada media tanah di lahan kopi. Air digunakan untuk proses pendinginan biochar dan membantu pencampuran bahan sebelum aplikasi. Seluruh alat dan bahan tersebut dipilih karena mudah diperoleh, sederhana digunakan oleh petani, dan sesuai dengan tujuan kegiatan untuk memperkenalkan teknologi biochar berbasis sumber daya lokal.

Desain dan Pendekatan Kegiatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang menggunakan pendekatan partisipatif, edukatif, dan aplikatif. Pendekatan partisipatif diterapkan dengan melibatkan petani kopi Arabika sebagai mitra aktif dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari identifikasi kebutuhan, pelaksanaan sosialisasi, praktik pembuatan biochar, aplikasi di lahan, hingga evaluasi kegiatan. Pendekatan edukatif dilakukan melalui penyampaian materi mengenai perubahan iklim, manfaat biochar, dan pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan baku biochar. Sementara itu, pendekatan aplikatif diterapkan melalui praktik langsung pembuatan biochar dan demonstrasi aplikasi biochar pada lahan kopi.

Metode pengabdian yang digunakan meliputi pendidikan masyarakat, pelatihan, demonstrasi ipteks, dan pendampingan. Pendidikan masyarakat dilakukan melalui kegiatan sosialisasi untuk meningkatkan pemahaman petani mengenai dampak perubahan iklim terhadap budidaya kopi Arabika serta peran biochar dalam memperbaiki kualitas tanah. Pelatihan dilakukan melalui praktik teknis pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana berbahan drum besi dan limbah biomassa kopi. Demonstrasi ipteks dilakukan melalui penerapan biochar pada lahan percontohan atau demonstration plot agar petani dapat melihat secara langsung proses aplikasi biochar di lahan kopi. Pendampingan dilakukan setelah kegiatan utama untuk memantau penerapan biochar oleh petani dan memberikan arahan teknis awal terhadap keberlanjutan program.

Rancangan kegiatan disusun agar peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis, tetapi juga memiliki keterampilan praktis dalam memproduksi dan menggunakan biochar. Melalui pendekatan ini, petani diharapkan mampu memahami hubungan antara pengelolaan limbah kopi, perbaikan kualitas tanah, adaptasi terhadap perubahan iklim, dan peluang pengembangan usaha biochar berbasis komunitas. Dengan demikian, desain kegiatan ini diarahkan untuk memperkuat kapasitas petani, meningkatkan pemanfaatan sumber daya lokal, dan mendukung praktik budidaya kopi Arabika yang lebih berkelanjutan.

Metode Pelaksanaan Kegiatan

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu persiapan, sosialisasi, pelatihan teknis, demonstrasi aplikasi biochar, evaluasi kegiatan, serta pendampingan lanjutan. Tahapan tersebut dirancang untuk memastikan bahwa petani tidak hanya memperoleh pemahaman mengenai konsep biochar, tetapi juga mampu mempraktikkan proses pembuatan dan penerapannya pada lahan kopi Arabika secara mandiri.

Tahap persiapan dilakukan melalui koordinasi dengan Kelompok Tani Mekar Ayu, penyuluh pertanian lapangan, dan aparat desa setempat. Pada tahap ini, tim pengabdian melakukan identifikasi kebutuhan mitra, penentuan lokasi kegiatan, persiapan alat dan bahan, penyusunan modul pelatihan, serta penyusunan instrumen evaluasi berupa lembar *pre-test*, *post-test*, lembar observasi, dan panduan diskusi kelompok. Persiapan juga mencakup pemilihan limbah biomassa kopi yang akan digunakan sebagai bahan baku biochar, yaitu kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, dan ampas kopi.

Tahap sosialisasi dilakukan pada hari pertama kegiatan melalui penyampaian materi mengenai perubahan iklim dan dampaknya terhadap budidaya kopi Arabika. Materi juga mencakup pengenalan biochar, manfaat biochar bagi tanah dan tanaman, potensi pemanfaatan limbah kopi, serta peran biochar dalam mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Kegiatan sosialisasi dilakukan melalui

ceramah interaktif, diskusi, dan tanya jawab agar peserta dapat mengaitkan materi dengan pengalaman mereka dalam mengelola kebun kopi.

Tahap pelatihan teknis dilaksanakan pada hari kedua dengan praktik langsung pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana berbahan drum besi. Peserta dilatih mulai dari penyiapan bahan baku, pengisian bahan ke dalam piroliser, pengaturan proses pirolisis, pemantauan suhu pembakaran, pendinginan biochar, hingga penyimpanan hasil biochar. Pada tahap ini, peserta juga diperkenalkan pada aspek keselamatan kerja, seperti penggunaan masker, sarung tangan, dan kacamata pelindung selama proses praktik berlangsung.

Tahap demonstrasi aplikasi biochar dilakukan pada hari ketiga di lahan kopi milik anggota kelompok tani yang dijadikan sebagai lokasi demonstration plot. Biochar yang telah dihasilkan dicampurkan dengan pupuk kompos, kemudian diaplikasikan pada media tanah di sekitar tanaman kopi sesuai dosis yang telah ditentukan. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pengalaman langsung kepada petani mengenai cara penggunaan biochar di lahan, teknik pencampuran dengan bahan organik, serta pengamatan awal terhadap kondisi tanah dan tanaman kopi setelah aplikasi.

Evaluasi kegiatan dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta, observasi praktik untuk menilai keterampilan teknis peserta dalam membuat biochar, serta diskusi kelompok untuk memperoleh tanggapan, kendala, dan rencana tindak lanjut dari peserta. Evaluasi ini digunakan untuk mengetahui tingkat pemahaman petani, kemampuan peserta dalam mengikuti proses pembuatan biochar, serta kesiapan kelompok tani dalam menerapkan teknologi biochar secara mandiri.

Tahap pendampingan lanjutan dilakukan pada minggu berikutnya melalui monitoring awal terhadap penerapan biochar di lahan kopi. Pendampingan ini dilakukan untuk memastikan bahwa petani mampu menerapkan biochar sesuai arahan teknis, mengidentifikasi kendala awal di lapangan, serta menyusun rencana keberlanjutan kegiatan. Melalui

tahapan pelaksanaan tersebut, kegiatan pengabdian diharapkan dapat meningkatkan kapasitas petani dalam memanfaatkan limbah kopi sebagai bahan baku biochar dan mendukung pengelolaan lahan kopi yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim.

Materi dan Modul Pelatihan

Materi pelatihan disusun dalam bentuk modul sederhana yang digunakan sebagai panduan bagi peserta selama kegiatan sosialisasi, pelatihan teknis, dan praktik lapangan. Penyusunan modul dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan petani kopi Arabika, ketersediaan limbah biomassa kopi di lokasi kegiatan, serta tujuan program untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam memproduksi dan memanfaatkan biochar. Materi disampaikan melalui ceramah interaktif, diskusi kelompok, demonstrasi, dan praktik langsung agar peserta lebih mudah memahami konsep serta menerapkannya di lapangan.

Modul pelatihan terdiri atas empat bagian utama. Modul pertama membahas perubahan iklim dan peran biochar dalam pertanian berkelanjutan. Materi ini mencakup dampak perubahan iklim terhadap budidaya kopi Arabika, penurunan kualitas tanah, perubahan pola curah hujan, serta peran biochar dalam mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Modul ini bertujuan untuk membangun pemahaman dasar peserta mengenai hubungan antara perubahan iklim, pengelolaan tanah, dan keberlanjutan usaha tani kopi.

Modul kedua membahas teknologi pembuatan biochar berbahan baku limbah kopi. Materi yang disampaikan meliputi pengenalan biochar, prinsip dasar pirolisis, pengenalan alat piroliser sederhana berbahan drum besi, pemilihan bahan baku, serta tahapan pembuatan biochar. Bahan baku yang digunakan meliputi kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, ampas kopi, serbuk gergaji, dan ranting kayu kering. Modul ini bertujuan untuk membekali peserta dengan keterampilan teknis dalam memproduksi biochar menggunakan teknologi sederhana dan bahan yang mudah diperoleh di sekitar lokasi kegiatan.

Modul ketiga membahas aplikasi biochar pada lahan kopi Arabika. Materi dalam modul ini meliputi teknik pencampuran biochar dengan pupuk kompos, dosis aplikasi, cara pemberian biochar pada media tanah, serta pengamatan awal terhadap kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman setelah aplikasi. Modul ini dilaksanakan melalui praktik lapangan pada lahan percontohan agar peserta dapat melihat secara langsung cara penggunaan biochar dalam budidaya kopi Arabika.

Modul keempat membahas aspek ekonomi dan peluang usaha biochar berbasis komunitas. Materi yang diberikan meliputi potensi nilai tambah limbah kopi, perhitungan sederhana biaya produksi, pengemasan biochar, peluang pemasaran, serta kemungkinan pengembangan biochar sebagai produk amandemen tanah oleh kelompok tani. Modul ini bertujuan untuk menumbuhkan wawasan kewirausahaan peserta sehingga biochar tidak hanya dipahami sebagai teknologi perbaikan tanah, tetapi juga sebagai peluang usaha berbasis sumber daya lokal.

Secara keseluruhan, materi dan modul pelatihan dirancang untuk mengintegrasikan pemahaman konseptual, keterampilan teknis, penerapan lapangan, dan pengembangan ekonomi komunitas. Dengan adanya modul tersebut, peserta diharapkan memiliki panduan yang jelas dalam memproduksi biochar, mengaplikasikannya pada lahan kopi, serta mengembangkan pemanfaatannya secara berkelanjutan di tingkat kelompok tani.

Evaluasi dan Indikator Keberhasilan Kegiatan

Evaluasi kegiatan dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan sosialisasi dan pelatihan pembuatan biochar dalam meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesiapan peserta dalam menerapkan teknologi biochar pada lahan kopi Arabika. Evaluasi dilakukan melalui beberapa metode, yaitu *pre-test* dan *post-test*, observasi praktik, dokumentasi kegiatan, wawancara partisipatif, serta diskusi kelompok terarah atau focus group discussion.

Pre-test diberikan sebelum kegiatan sosialisasi untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal peserta mengenai perubahan

iklim, biochar, pemanfaatan limbah kopi, dan manfaat biochar bagi tanah serta tanaman kopi. *Post-test* diberikan setelah kegiatan sosialisasi dan pelatihan untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta setelah mengikuti kegiatan. Observasi praktik dilakukan selama proses pembuatan biochar dan aplikasi biochar di lahan kopi untuk menilai keterampilan teknis peserta, seperti kemampuan menyiapkan bahan baku, menggunakan piroliser sederhana, mengatur proses pirolisis, melakukan pendinginan biochar, serta mengaplikasikan biochar pada media tanah.

Wawancara partisipatif dan diskusi kelompok dilakukan untuk memperoleh tanggapan peserta mengenai manfaat kegiatan, kendala yang dihadapi, peluang penerapan biochar secara mandiri, serta rencana tindak lanjut di tingkat kelompok tani. Dokumentasi kegiatan digunakan sebagai bukti pelaksanaan program dan bahan pendukung dalam penyusunan laporan pengabdian. Evaluasi ini tidak hanya menilai hasil akhir kegiatan, tetapi juga proses keterlibatan peserta selama sosialisasi, pelatihan, praktik lapangan, dan pendampingan awal.

Indikator keberhasilan kegiatan ditetapkan berdasarkan empat aspek utama, yaitu peningkatan pemahaman konsep biochar, penguasaan keterampilan teknis, penerapan biochar di lahan kopi, dan keberlanjutan program di tingkat kelompok tani. Rincian indikator keberhasilan kegiatan disajikan pada Tabel 1.

3. HASIL & PEMBAHASAN Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan pembuatan biochar dilaksanakan bersama Kelompok Tani Mekar Ayu di Desa Mekar Damai, Kecamatan Atu Lintang, Kabupaten Aceh Tengah. Peserta kegiatan berjumlah 25 orang petani kopi Arabika. Kegiatan ini dilaksanakan melalui tahapan sosialisasi, pelatihan teknis, praktik pembuatan biochar, demonstrasi aplikasi biochar pada lahan kopi, evaluasi kegiatan, dan pendampingan awal. Pelibatan petani secara langsung dalam seluruh tahapan kegiatan bertujuan agar materi yang diberikan tidak hanya dipahami secara teoritis,

tetapi juga dapat diterapkan dalam praktik usaha tani kopi.

Tahap awal kegiatan diawali dengan sosialisasi mengenai perubahan iklim dan dampaknya terhadap budidaya kopi Arabika. Materi yang disampaikan meliputi perubahan suhu dan curah hujan, penurunan kualitas tanah, risiko kekeringan, serta pentingnya pengelolaan limbah organik dalam mendukung pertanian berkelanjutan. Selain itu, peserta diperkenalkan pada konsep biochar, manfaat biochar bagi tanah dan tanaman, serta potensi pemanfaatan limbah biomassa kopi sebagai bahan baku biochar. Kegiatan sosialisasi dilakukan melalui ceramah interaktif, diskusi, dan tanya jawab sehingga peserta dapat menghubungkan materi yang disampaikan dengan pengalaman mereka di kebun kopi.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata *pre-test* peserta sebesar 58% meningkat menjadi 88% pada *post-test*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi dan pelatihan mampu memperkuat pemahaman petani mengenai perubahan iklim, manfaat biochar, serta potensi pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan pembenah tanah.. Hasil ini sejalan dengan kegiatan pengabdian Hakim et al. (2024), yang menunjukkan bahwa sosialisasi perubahan iklim pada petani kopi Arabika dapat meningkatkan pemahaman petani terhadap pentingnya praktik pertanian yang adaptif. Selain itu, kegiatan pelatihan berbasis praktik langsung juga dinilai efektif dalam meningkatkan kapasitas masyarakat karena peserta tidak hanya menerima materi, tetapi juga terlibat langsung dalam proses pembelajaran (Putri et al., 2024).

Kegiatan pelatihan teknis dilakukan melalui praktik pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana berbahan drum besi berkapasitas 200 liter. Bahan baku yang digunakan berasal dari limbah biomassa kopi, yaitu kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, dan ampas kopi, serta bahan pendukung berupa serbuk gergaji dan ranting kayu kering. Penggunaan bahan baku ini disesuaikan dengan ketersediaan limbah pertanian di sekitar lokasi kegiatan. Peserta dilatih mulai dari penyiapan bahan baku, pengisian bahan ke dalam piroliser, pengaturan proses pirolisis, pemantauan suhu, pendinginan biochar, hingga penyimpanan hasil

biochar. Dengan demikian, peserta memperoleh pengalaman langsung dalam memproduksi biochar menggunakan teknologi sederhana berbasis sumber daya lokal.

Selama proses praktik, suhu pirolisis dijaga pada kisaran 350–450°C untuk menghasilkan biochar dengan kualitas yang baik. Rentang suhu ini sejalan dengan hasil penelitian pirolisis kulit buah kopi yang menunjukkan bahwa suhu pirolisis lambat pada kisaran 350–550°C menghasilkan biochar dengan kandungan karbon terikat yang tinggi serta kemampuan menahan air yang baik ketika diaplikasikan pada tanah (Kiggundu & Sittamukyo, 2019). Hasil praktik menunjukkan bahwa satu siklus produksi mampu menghasilkan biochar rata-rata sebesar 12–15 kg dari sekitar 50 kg bahan baku kering. Biochar yang dihasilkan memiliki warna hitam pekat, tekstur ringan, dan tidak mudah hancur ketika diremas. Ciri fisik tersebut menunjukkan bahwa proses karbonisasi berlangsung cukup baik. Hasil ini menunjukkan bahwa teknologi piroliser sederhana dapat digunakan oleh petani untuk mengolah limbah biomassa kopi menjadi biochar. Pemanfaatan biochar dari limbah kopi sejalan dengan hasil penelitian Sánchez-Reinoso et al. (2023), yang menunjukkan bahwa biochar berbahan residu kopi dapat memperbaiki karakteristik tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman kopi.

Tahap berikutnya adalah demonstrasi aplikasi biochar pada lahan kopi Arabika melalui lahan percontohan atau *demonstration plot* seluas 400 m². Biochar diaplikasikan dengan dosis setara 5 ton/ha dan dicampurkan dengan pupuk kompos sebelum diberikan pada media tanah di sekitar tanaman kopi. Pencampuran biochar dengan kompos bertujuan untuk meningkatkan efektivitas biochar sebagai bahan pembenah tanah dan mendukung ketersediaan unsur hara. Berdasarkan hasil pengamatan awal setelah satu bulan aplikasi, diperoleh indikasi peningkatan kelembapan tanah sebesar 12%, peningkatan pH tanah dari 5,3 menjadi 6,0, serta peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman kopi muda sebesar 15% dibandingkan lahan kontrol yang tidak diberi perlakuan biochar. Temuan ini menunjukkan potensi biochar dalam memperbaiki kondisi tanah dan

mendukung pertumbuhan awal tanaman kopi. Hal ini sejalan dengan Khan et al. (2024), yang menjelaskan bahwa biochar dapat meningkatkan kualitas tanah, retensi air, dan produktivitas tanaman.

Peningkatan Kapasitas dan Kemandirian Kelompok Petani

Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak positif terhadap peningkatan kapasitas petani, baik dari aspek pengetahuan, keterampilan teknis, maupun kesadaran lingkungan. Petani tidak hanya memperoleh pemahaman mengenai manfaat biochar, tetapi juga mampu mempraktikkan proses pembuatannya secara langsung. Keterlibatan aktif peserta selama praktik menunjukkan bahwa metode pelatihan berbasis partisipasi dan praktik lapangan sesuai diterapkan pada kelompok petani kopi Arabika. Melalui kegiatan ini, petani mulai memahami bahwa limbah kopi yang sebelumnya belum dimanfaatkan secara optimal dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat bagi kesuburan tanah.

Selain manfaat agronomis, kegiatan ini juga membuka wawasan petani mengenai potensi ekonomi biochar. Hasil diskusi kelompok menunjukkan bahwa peserta melihat biochar tidak hanya sebagai bahan pembenah tanah, tetapi juga sebagai produk yang berpeluang dikembangkan dalam skala komunitas. Ketersediaan limbah kopi di tingkat lokal menjadi modal penting untuk mendukung keberlanjutan produksi biochar. Oleh karena itu, pada akhir kegiatan disusun rencana tindak lanjut pengelolaan biochar oleh kelompok tani sebagai langkah awal menuju kemandirian produksi dan pemanfaatan biochar.

Sebagai bentuk keberlanjutan program, Kelompok Tani Mekar Ayu didorong untuk mengembangkan unit usaha sederhana berbasis biochar dengan memanfaatkan limbah kopi lokal. Rencana tindak lanjut tersebut mencakup pengumpulan bahan baku, produksi biochar secara berkala, pengemasan sederhana, pemanfaatan biochar untuk lahan anggota kelompok, serta peluang pemasaran biochar sebagai bahan amandemen tanah. Pendekatan ini sejalan dengan Nugrahawati et al. (2025), yang menunjukkan bahwa program pengabdian

berbasis partisipasi masyarakat dapat memperkuat kemandirian sosial ekonomi komunitas desa melalui pemanfaatan potensi lokal.

Dampak dan Potensi Replikasi Kegiatan

Dampak kegiatan pengabdian ini terlihat pada meningkatnya pengetahuan, keterampilan teknis, dan kesadaran petani dalam memanfaatkan limbah kopi sebagai sumber daya produktif. Hasil *pre-test* dan *post-test* menunjukkan adanya peningkatan pemahaman peserta, sedangkan hasil praktik menunjukkan bahwa peserta mampu mengikuti tahapan pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana. Selain itu, adanya lahan percontohan memberikan pengalaman langsung kepada petani mengenai teknik aplikasi biochar pada tanaman kopi Arabika. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya berfungsi sebagai transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai media alih teknologi sederhana yang dapat diterapkan oleh petani.

Dari aspek lingkungan, pengolahan limbah kopi menjadi biochar dapat membantu mengurangi penumpukan limbah organik sekaligus mendukung perbaikan kualitas tanah. Biochar berpotensi meningkatkan kandungan karbon organik tanah, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air. Dalam konteks perubahan iklim, biochar juga berperan dalam penyimpanan karbon jangka panjang di dalam tanah sehingga dapat mendukung upaya mitigasi emisi gas rumah kaca. Evizal dan Prasmatiwi (2023) menyatakan bahwa biochar memiliki manfaat sebagai bahan pembenah tanah serta berpotensi mendukung pengelolaan pertanian yang lebih ramah lingkungan. Kajian literatur terbaru juga menegaskan bahwa biochar mampu menyimpan karbon dalam tanah dalam jangka waktu yang sangat lama sekaligus memperbaiki kesehatan tanah, sehingga menjadikannya salah satu solusi berbasis alam yang relevan untuk mendukung ketahanan pertanian terhadap perubahan iklim (Shyam et al., 2025).

Kegiatan ini juga memiliki potensi untuk direplikasi di wilayah sentra kopi lainnya, terutama daerah yang memiliki

ketersediaan limbah biomassa kopi dan kelompok tani yang aktif. Kabupaten Aceh Tengah, Bener Meriah, dan Gayo Lues merupakan wilayah yang memiliki potensi pengembangan biochar berbasis limbah kopi karena dikenal sebagai kawasan penghasil kopi Arabika Gayo. Namun, replikasi kegiatan perlu mempertimbangkan kondisi lokal, ketersediaan bahan baku, kesiapan kelompok tani, dukungan penyuluh pertanian, serta pendampingan berkelanjutan. Dengan penyesuaian tersebut, model sosialisasi dan pelatihan biochar ini dapat dikembangkan sebagai salah satu strategi penguatan kapasitas petani dalam menghadapi dampak perubahan iklim.

Evaluasi Hasil Kegiatan

Evaluasi kegiatan dilakukan melalui *pre-test*, *post-test*, observasi praktik, diskusi kelompok, dan dokumentasi kegiatan. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa indikator keberhasilan kegiatan sebagian besar tercapai. Peningkatan nilai *post-test* menjadi 88% menunjukkan bahwa sebagian besar peserta memahami konsep dasar biochar, manfaat biochar bagi lahan kopi, serta perannya dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dari aspek keterampilan teknis, peserta mampu mengikuti tahapan pembuatan biochar, mulai dari penyiapan bahan baku hingga penyimpanan hasil biochar. Dari aspek aplikasi

lapangan, kegiatan berhasil menghasilkan satu lahan percontohan aplikasi biochar pada tanaman kopi Arabika.

Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Nilai rata-rata *pre-test* peserta sebesar 58% meningkat menjadi 88% pada *post-test*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kegiatan sosialisasi dan pelatihan mampu memperkuat pemahaman petani mengenai perubahan iklim, manfaat biochar, serta potensi pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan pembenah tanah.

Dari aspek mitigasi perubahan iklim, pemanfaatan biochar memiliki kontribusi yang signifikan terhadap penyerapan dan penyimpanan karbon di dalam tanah. Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat langsung bagi peningkatan produktivitas dan kualitas tanah pertanian kopi, tetapi juga berkontribusi pada upaya mitigasi emisi gas rumah kaca di sektor pertanian. Berdasarkan hasil dan capaian yang diperoleh, kegiatan pengabdian ini memiliki potensi yang besar untuk direplikasi di wilayah sentra kopi lainnya, seperti Kabupaten Gayo Lues dan Bener Meriah, dengan penyesuaian terhadap kondisi sosial, ekonomi, dan kelembagaan masyarakat setempat. Dokumentasi kegiatan aplikasi biochar di lahan pertanian kopi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Sosialisasi Perubahan Iklim dan Peran Biochar



Gambar 2. Pelatihan Pembuatan Biochar



Gambar 3. Aplikasi Biochar pada Lahan Kopi Arabika

Tabel 1. Indikator Keberhasilan Kegiatan Sosialisasi dan Pelatihan Biochar

Aspek Evaluasi	Indikator Keberhasilan	Hasil Kegiatan	Metode Evaluasi
Pemahaman konsep biochar	Minimal 80% peserta memahami konsep dasar biochar, manfaat biochar, dan perannya dalam mitigasi serta adaptasi perubahan iklim	Nilai <i>post-test</i> meningkat menjadi 88%	<i>Pre-test</i> dan <i>post-test</i>
Keterampilan teknis	Minimal 70% peserta mampu mengikuti tahapan pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana	Peserta mampu mengikuti proses pembuatan biochar dari penyiapan bahan hingga pendinginan	Observasi praktik
Produksi biochar	Peserta mampu menghasilkan biochar dari limbah kopi lokal	Satu siklus produksi menghasilkan 12–15 kg biochar dari 50 kg bahan baku kering	Observasi dan dokumentasi
Aplikasi lapangan	Tersedianya lahan percontohan aplikasi biochar pada tanaman kopi Arabika	Biochar diaplikasikan pada demplot seluas 400 m ² dengan dosis setara 5 ton/ha	Observasi lapangan
Keberlanjutan program	Terbentuknya rencana tindak lanjut pengelolaan biochar oleh kelompok tani	Kelompok tani menyusun rencana produksi dan pemanfaatan biochar berbasis limbah kopi lokal	Diskusi kelompok dan laporan kegiatan

4. SIMPULAN & SARAN

Simpulan

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan pembuatan biochar berbahan baku limbah kopi pada Kelompok Tani Mekar Ayu di Desa Mekar

Damai, Kecamatan Atu Lintang, Kabupaten Aceh Tengah, menunjukkan keberhasilan dalam meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani kopi Arabika. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa nilai rata-rata pengetahuan peserta meningkat dari 58% pada *pre-test* menjadi 88% pada *post-test*. Selain itu, peserta mampu mengikuti tahapan pembuatan biochar menggunakan piroliser sederhana berbahan drum besi, mulai dari penyiapan bahan baku, proses pirolisis, pendinginan, hingga penyimpanan biochar.

Pelatihan teknis yang dilakukan juga menunjukkan bahwa limbah biomassa kopi, seperti kulit buah kopi, kulit tanduk kopi, dan ampas kopi, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biochar. Hasil praktik menunjukkan bahwa satu siklus produksi mampu menghasilkan 12–15 kg biochar dari sekitar 50 kg bahan baku kering. Aplikasi biochar pada lahan percontohan seluas 400 m² dengan dosis setara 5 ton/ha menunjukkan indikasi awal perbaikan kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman, yaitu peningkatan kelembapan tanah, peningkatan pH tanah, serta pertumbuhan vegetatif tanaman kopi muda.

Secara umum, kegiatan ini memperkuat kapasitas petani dalam memanfaatkan limbah kopi sebagai bahan pembenah tanah dan mendukung praktik pertanian kopi Arabika yang lebih adaptif terhadap perubahan iklim. Selain memberikan manfaat dari aspek pengetahuan dan keterampilan teknis, kegiatan ini juga membuka peluang pengembangan biochar sebagai produk berbasis komunitas yang dapat mendukung pengelolaan limbah, perbaikan kualitas tanah, dan kemandirian ekonomi kelompok tani.

Saran

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan pembuatan biochar perlu dilanjutkan melalui pendampingan jangka menengah dan jangka panjang agar keterampilan yang telah diperoleh petani dapat diterapkan secara konsisten. Pendampingan diperlukan untuk memastikan proses produksi biochar berjalan dengan baik, kualitas biochar yang dihasilkan lebih stabil, serta aplikasi biochar pada lahan kopi dilakukan sesuai dosis dan teknik yang tepat.

Kelompok Tani Mekar Ayu disarankan untuk menyusun jadwal produksi biochar secara berkala dengan memanfaatkan limbah kopi lokal yang tersedia di sekitar wilayah usaha tani. Selain itu, kelompok tani perlu mulai mengembangkan pencatatan sederhana terkait jumlah bahan baku, hasil produksi biochar, penggunaan biochar di lahan, serta respons awal tanaman setelah aplikasi. Pencatatan ini penting sebagai dasar evaluasi dan perbaikan praktik produksi biochar di tingkat petani.

Pemerintah daerah, penyuluh pertanian, dan lembaga terkait diharapkan dapat memberikan dukungan dalam bentuk pelatihan lanjutan, penyediaan alat pirolisis sederhana, penguatan kelembagaan kelompok tani, serta fasilitasi pengembangan usaha biochar berbasis komunitas. Kegiatan pengabdian selanjutnya juga perlu melakukan pengamatan dalam jangka waktu lebih panjang untuk mengevaluasi pengaruh biochar terhadap produktivitas tanaman kopi, kualitas tanah, efisiensi penggunaan pupuk, serta potensi biochar sebagai produk bernilai ekonomi bagi petani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Almuslim yang telah memberikan dukungan finansial terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Evizal, R., & Prasmatiwati, F. E. (2023). Biochar: Pemanfaatan dan aplikasi praktis. *Jurnal Agrotropika*, 22(1), 1–12.
- Evizal, R., Utomo, S. D., Ramires, R., Sriyani, N., Jannah, H. F. K., Sugiatno, S., & Pramono, S. (2024). Demoplot aplikasi biochar untuk peningkatan pertumbuhan dan produksi kopi. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 3(2), 124–132.
- Hakim, S., Salman, S., Irfannur, I., Izwar, A., & Muliari, M. (2024). Sosialisasi perubahan iklim dalam meningkatkan produktivitas tanaman kopi Arabika pada Kelompok Tani Tunas Jaya Aceh Tengah.

- Aceh Journal of Community Engagement (AJCE)**, 3(1), 24–30.
- Kabir, E., Kim, K. H., & Kwon, E. E. (2023). Biochar as a tool for the improvement of soil and environment. *Frontiers in Environmental Science*, 11, 1324533.
- Khan, S., Irshad, S., Mehmood, K., Hasnain, Z., Nawaz, M., Rais, A., & Ibrar, D. (2024). Biochar production and characteristics, its impacts on soil health, crop production, and yield enhancement: A review. *Plants*, 13(2), 166.
- Kiggundu, N., & Sittamukyoto, J. (2019). Pyrolysis of coffee husks for biochar production. *Journal of Environmental Protection*, 10(12), 1553–1564. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.1012092>
- Melikoglu, M. (2025). Coffee waste valorization: A comprehensive review of recent advancements and future directions for a circular bioeconomy. *Food Chemistry*, 497, 147004. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.147004>
- Nugrahawati, A., Izwar, A., Hakim, S., Muktitama, A. M., Rinaldi, R., Azhar, R., & Irfannur, I. (2025). Pemberdayaan masyarakat mandiri sosial ekonomi melalui program ketahanan pangan di Desa Krueng Mate, Aceh Utara. *Aceh Journal of Community Engagement (AJCE)*, 4(1), 40–47.
- Putri, E. L., Utami, K., Sari, D. P., Ifebri, R., & Oktoyoki, H. (2024). Pemberdayaan masyarakat melalui pilot project biochar kopi Desa Rindu Hati Provinsi Bengkulu. *Jumat Pertanian: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 54–58.
- Sánchez-Reinoso, A. D., Ávila-Pedraza, E. Á., Lombardini, L., & Restrepo-Díaz, H. (2023). The application of coffee pulp biochar improves the physical, chemical, and biological characteristics of soil for coffee cultivation. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 2512–2524.
- Shyam, S., Ahmed, S., Joshi, S. J., & Sarma, H. (2025). Biochar as a soil amendment: Implications for soil health, carbon sequestration, and climate resilience. *Discover Soil*, 2(1), 18. <https://doi.org/10.1007/s44378-025-00041-8>
- Sukmawati, S., Rahim, I., Bahrudin, B., Suherman, S., Yamin, M., Qadri, S. N., & Fatmawati, F. (2024). Penerapan teknologi biochar berbasis karbon offset menggunakan tongkol jagung pada Kelompok Tani Masseddi I Kabupaten Wajo. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 10(1), 61–68.
- Wahyudin, C. I. (2025). Pelatihan pemanfaatan biochar dari tandan kosong kelapa sawit untuk kesuburan tanah di Kabupaten Pelalawan. *Jurnal Abdi Masyarakat dan Pemberdayaan Inovatif*, 1(2), 150–162.
- Widayat, H. P., Anhar, A., & Baihaqi, A. (2015). Dampak perubahan iklim terhadap produksi, kualitas hasil dan pendapatan petani kopi arabika di Aceh Tengah. *Jurnal Agrisep*, 16(2), 8–16. <https://doi.org/10.24815/agrisep.v16i2.3041>
- Yuliasari, F., Nuraini, U., Aeni, A. R., Rika, S. V., & Fadila, S. I. N. (2024). Sosialisasi pengolahan limbah sekam padi menjadi biochar di Desa Telukambulu, Kecamatan Batujaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat. *RENATA: Jurnal Pengabdian Masyarakat Kita Semua*, 2(2), 119–125.