



INOVASI TEKNOLOGI PIROLISIS UNTUK PENINGKATAN KESEJAHTERAAN PETANI KOPI HUTAN DI DESA KRETEK BONDOWOSO

Pyrolysis Technology Innovation to Improve the Welfare of Forest Coffee Farmers in Kretek Village Bondowoso

Silvia Oktavia Nur Yudiastuti¹, Resti Pranata Putri^{1*}, Yossi Wibisono¹, Pandit Hernowo²,
Wiwik Handayani³, Alif Gita Arumsari⁴, Abdul Halim⁴

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Pangan, Politeknik Negeri Jember, ²Program Studi Teknik Kimia, Universitas Bhayangkara, ³Badan Riset dan Inovasi Nasional

⁴Program Studi Teknik Kimia, Institut Sains dan Teknologi Al-Kamal

Jl. Mastrip, Krajan Timur, Kec. Sumpersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur 68121

*Alamat korespondensi: resti.pranata@polije.ac.id

(Tanggal Submission: 06 November 2024, Tanggal Accepted : 22 Januari 2025)



Kata Kunci :

Limbah, Kulit Kopi, Asap Cair, Biochar, KTH Sejahtera

Abstrak :

Kelompok Tani Hutan (KTH) Sejahtera didirikan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat di Desa Kretek, Kecamatan Taman Krocok, Kabupaten Bondowoso. KTH ini mengelola lahan kopi robusta dengan produksi tahunan 500-800 kg. Namun, selama 11 tahun, lahan ini tidak dipupuk, menyebabkan penurunan produktivitas tanah dan kualitas biji kopi. Untuk mengatasi hal tersebut, teknologi pirolisis diperkenalkan guna memanfaatkan limbah kulit kopi. Teknologi ini menghasilkan biochar yang dapat meningkatkan kesuburan tanah, mengikat zat pencemar, serta mengurangi emisi gas rumah kaca. Teknologi ini juga menghasilkan asap cair yang dapat dimanfaatkan sebagai antimikroba dan bahan pengawet makanan. Tujuan kegiatan ini adalah membantu masyarakat memanfaatkan limbah kulit kopi menjadi produk unggulan. Metode yang digunakan adalah *participatory rural appraisal*, yang meliputi introduksi inovasi pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi biochar dan asap cair, perancangan dan pembuatan alat, serta praktik penggunaannya dengan melibatkan anggota KTH Sejahtera. Hasil kegiatan pengabdian ini menunjukkan terjadinya peningkatan pengetahuan serta ketrampilan kelompok tani hutan dalam pembuatan biochar dan asap cair menggunakan teknologi pirolisis dari semula rata-rata 30% menjadi 90%. Secara keseluruhan, program pengabdian ini dapat meningkatkan semangat dalam pemanfaatan limbah kulit kopi dan meningkatkan kekompakan KTH Sejahtera.

Key word :

Abstract :



Waste, Coffee
Husk, Liquid
Smoke, Biochar,
KTH Sejahtera

The Sejahtera Forest Farmers Group (KTH) was established to improve the welfare of the community in Kretek Village, Taman Krocok Subdistrict, Bondowoso Regency. This KTH manages robusta coffee plantations with an annual yield of 500-800 kg. However, for 11 years, the land has not been fertilized, resulting in decreased soil productivity and coffee bean quality. To address this issue, pyrolysis technology was introduced to utilize coffee husk waste. This technology produces biochar, which can enhance soil fertility, bind pollutants, and reduce greenhouse gas emissions. It also produces liquid smoke that can be used as an antimicrobial agent and food preservative. The goal of this activity is to help the community turn coffee husk waste into a valuable product. The method used is participatory rural appraisal, which includes introducing innovations to process coffee husk waste into biochar and liquid smoke, designing and building the equipment, and conducting hands-on practice involving the Sejahtera KTH members. The results of this community service activity show an increase in the knowledge and skills of forest farmers in making biochar and liquid smoke using pyrolysis technology, from 30% to 90%. Overall, this community service program has fostered enthusiasm for utilizing coffee husk waste and enhanced the cohesion of the Sejahtera KTH.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Yudiasuti, S. O. N., Putri, R. P., Wibisono, Y., Hernowo, P., Handayani, W., Arumsari, A. G., & Halim, A. (2025). Inovasi Teknologi Pirolisis Untuk Peningkatan Kesejahteraan Petani Kopi Hutan Di Desa Kretek Bondowoso. *Jurnal Abdi Insani*, 12(1), 298-307. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i1.2219>

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang sangat diminati dan menjadi sumber devisa utama bagi Indonesia. Berdasarkan data BPS tahun 2022, produksi biji kopi di Indonesia mencapai 794.800 ton per tahun. Provinsi Jawa Timur adalah salah satu wilayah penghasil kopi terbesar di Indonesia, dengan produksi tahunan mencapai 68.916 ton. Kabupaten Bondowoso, sebagai salah satu pusat produksi kopi di Jawa Timur, mencatat produksi kopi sebesar 10.420 ton pada tahun 2022 (BPS, 2023). Meskipun kopi menjadi salah satu komoditas unggulan di Kabupaten Bondowoso, mitra pengabdian yaitu Kelompok Tani Hutan (KTH) Sejahtera yang mengelola lahan di Desa Kretek, Kecamatan Taman Krocok, Kabupaten Bondowoso masih menghadapi tantangan dalam menjaga kualitas dan hasil produksi tanaman kopinya.

KTH Sejahtera menghadapi permasalahan signifikan terkait produktivitas dan kualitas lahan garapan mereka. Sejak berdirinya KTH ini 11 tahun lalu, tingginya harga pupuk serta kesulitan akses menyebabkan lahan kopi tidak pernah dipupuk. Akibatnya, kesuburan tanah menurun, yang berdampak langsung pada kualitas biji kopi yang dihasilkan. Dengan tingkat mutu (*grade*) yang rendah, harga jual kopi menjadi tidak kompetitif. Kondisi ini menghambat upaya peningkatan kesejahteraan bagi para petani kopi hutan di wilayah tersebut. Lahan kopi yang dikelola oleh KTH Sejahtera ditampilkan pada Gambar 1, sedangkan akses yang sulit dijangkau menuju lahan tersebut terlihat pada Gambar 2.

Di samping itu, limbah kulit kopi yang dihasilkan dari proses pengolahan kopi tidak dimanfaatkan dan sering kali hanya ditumpuk di sekitar area hutan. Penumpukan limbah ini berpotensi menghasilkan gas metana akibat pembusukan anaerob (Passos et al., 2018). Gas metana adalah gas rumah kaca yang memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena dapat berkontribusi pada pemanasan global dan perubahan iklim (Rocher-Ros et al., 2023). Oleh karena itu, pengelolaan limbah ini menjadi penting untuk mengurangi dampak lingkungan yang merugikan.



Gambar 1. Kelompok Tani Hutan (KTH) Sejahtera



Gambar 2. Wilayah KTH Sejahtera yang sulit dijangkau

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan solusi inovatif dalam bentuk pemanfaatan teknologi pirolisis. Teknologi ini dapat mengolah limbah kulit kopi menjadi produk yang bermanfaat, seperti biochar dan asap cair. Dengan mengubah limbah menjadi produk berguna, tidak hanya akan meningkatkan kualitas lingkungan, tetapi juga dapat memberikan nilai tambah ekonomi bagi para petani. Oleh karena itu, diperlukan solusi inovatif dalam bentuk pemanfaatan teknologi pirolisis untuk mengolah limbah kulit kopi menjadi produk yang bermanfaat seperti biochar dan asap cair.

Biochar adalah bahan kaya karbon yang dibuat dari limbah pertanian seperti limbah kulit kopi, yang memiliki kandungan karbon yang tinggi, kapasitas pertukaran kation yang besar, luas permukaan yang besar, serta struktur yang stabil (Weber & Quicker, 2018). Dalam remediasi tanah, biochar berfungsi untuk meningkatkan kualitas tanah melalui beberapa mekanisme (Wijaya *et al.*, 2019). Biochar mampu menyerap polutan, meningkatkan kandungan nutrisi, dan membantu menyeimbangkan pH tanah. Modifikasi biochar dengan zat seperti asam, basa, ion logam, dan gas tertentu dapat meningkatkan kemampuannya dalam remediasi dan perbaikan kualitas tanah, berpotensi memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang berperan penting dalam kesuburan, dan mengurangi pencemaran melalui penyerapan logam berat dan senyawa aromatik polisiklik (Wang & Wang, 2019).

Asap cair, yang dihasilkan melalui proses pirolisis, memiliki potensi sebagai biopestisida yang efektif dalam pengendalian hama (Ton *et al.*, 2020). Asap cair mengandung sejumlah senyawa kimia, seperti fenol, karbonil, dan senyawa asam, yang diketahui sangat toksik bagi serangga pemakan tumbuhan. Senyawa-senyawa ini dapat merusak sistem biologis hama, sehingga menyebabkan kematian (Afrah *et al.*, 2023).

Penggunaan biopestisida seperti asap cair menjadi pilihan yang ramah lingkungan karena relatif aman bagi manusia dan hewan non-target (Dewi *et al.*, 2021). Berbeda dengan pestisida kimia sintetis, asap cair mudah terdegradasi secara alami di lingkungan, sehingga mengurangi risiko pencemaran tanah dan air. Hal ini membuat asap cair sebagai solusi yang berkelanjutan dan efisien dalam pengendalian hama, yang sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan (Erdiansyah *et al.*, 2024).

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini berfokus pada penerapan teknologi pirolisis untuk menghasilkan biochar dan asap cair. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk memberdayakan anggota KTH Sejahtera dalam memanfaatkan limbah kulit kopi, sehingga teknologi ini diharapkan tidak hanya dapat meningkatkan kesuburan tanah, mengendalikan hama tanaman, dan meningkatkan kualitas hasil panen kopi pada mitra, tetapi juga memberikan manfaat lingkungan serta nilai tambah ekonomis. Manfaat tersebut mencakup pengurangan penggunaan pupuk kimia yang berdampak negatif terhadap tanah dan air, serta peningkatan kesadaran akan praktik pertanian berkelanjutan. Harapan kami, kegiatan ini akan mendukung keberlanjutan usaha para petani kopi hutan dan memberikan dampak positif jangka panjang bagi masyarakat serta lingkungan sekitar.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan memberikan pendampingan inovasi teknologi inovasi pirolisis dari limbah kulit kopi terhadap mitra pada bulan September – Oktober 2024. Mitra dalam kegiatan ini adalah Kelompok Tani Hutan (KTH) Sejahtera di Desa Kretek, Kecamatan Taman Krocok, Kabupaten Bondowoso sejumlah 20 orang anggota aktif. Metode utama yang digunakan dalam proyek ini adalah Participatory Rural Appraisal (PRA), yang melibatkan anggota masyarakat secara langsung dalam setiap tahap pelaksanaan untuk memastikan keterlibatan aktif. Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam tiga tahapan utama. Tahap pertama adalah Focus Group Discussion (FGD) bersama mitra untuk membahas berbagai aspek terkait penerapan teknologi. Tahap kedua dilanjutkan dengan proses desain dan pembuatan alat pirolisis berdasarkan hasil survei dan diskusi FGD bersama mitra. Tahap ketiga adalah pelaksanaan kegiatan sosialisasi yang mencakup penyuluhan mengenai proses pembuatan dan manfaat biochar serta asap cair dari limbah kulit kopi, diikuti dengan pelatihan penggunaan alat pirolisis untuk memproduksi biochar dan asap cair.

Pelaksanaan kegiatan sosialisasi diadakan pada tanggal 22-23 Oktober 2024 diikuti oleh 20 orang anggota KTH Sejahtera. Penyuluhan mengenai proses pembuatan dan manfaat biochar serta asap cair dari limbah kulit kopi dilaksanakan pada tanggal 22 Oktober 2024. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan pemahaman kepada anggota KTH Sejahtera mengenai cara mengubah limbah kulit kopi menjadi produk yang bermanfaat. Materi yang disampaikan dalam sosialisasi meliputi penjelasan teknologi pirolisis dengan fokus pada pemanfaatan limbah kulit kopi. Saat sosialisasi, peserta didorong untuk memahami manfaat asap cair sebagai pestisida alami dan pengawet makanan serta manfaat biochar sebagai agen remediasi tanah yang dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Pada tanggal 23 Oktober 2024, kegiatan dilanjutkan dengan praktik penggunaan alat pirolisis oleh anggota KTH Sejahtera untuk memproduksi biochar dan asap cair. Pada tahap ini, para peserta mempelajari secara langsung cara mengoperasikan alat pirolisis untuk mengolah limbah kulit kopi menjadi produk bernilai seperti biochar dan asap cair. Instruktur memberikan panduan langkah demi langkah tentang prosedur keamanan, pengaturan suhu, dan waktu pemrosesan yang tepat untuk mendapatkan hasil yang optimal. Selama sesi praktik ini, peserta diminta untuk memperhatikan setiap tahapan proses, mulai dari memasukkan limbah kulit kopi ke dalam alat pirolisis, mengontrol suhu pembakaran, hingga menampung biochar dan asap cair yang dihasilkan. Selain itu, peserta juga diberikan kesempatan untuk bertanya dan berdiskusi mengenai kendala atau tantangan yang mungkin dihadapi dalam proses produksi ini. Dengan pendekatan langsung ini, anggota KTH Sejahtera diharapkan dapat menguasai keterampilan dalam memanfaatkan teknologi pirolisis secara mandiri di masa depan, sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan mereka melalui pemanfaatan limbah kopi yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

Proses evaluasi merupakan bagian integral dari kegiatan pengabdian ini, dengan menggunakan pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan, pemahaman, dan keterampilan teknis anggota KTH Sejahtera. Evaluasi ini menggunakan metode *ballot box test* untuk menilai sejauh mana materi diserap oleh peserta dengan kriteria sebagai berikut: (1) Nilai 20-45 menunjukkan pemahaman rendah; (2) Nilai 46-69 menunjukkan pemahaman sedang; dan (3) Nilai 70-100 menunjukkan pemahaman tinggi. Proyek ini menargetkan peningkatan rata-rata pemahaman dan keterampilan anggota sebesar 80% dalam produksi biochar dan asap cair dengan teknologi pirolisis. Selain itu, diharapkan peningkatan pengetahuan terkait praktik pertanian berkelanjutan mencapai minimal 70%, khususnya dalam mengurangi penggunaan pestisida kimia untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Dengan pendekatan ini, kelompok KTH Sejahtera diharapkan mampu meningkatkan keahlian mereka dalam pengelolaan limbah, sekaligus menciptakan produk yang memberikan manfaat bagi kesejahteraan kelompok serta mendukung keberlanjutan lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Focus Group Discussion (FGD) bersama mitra

Focus Group Discussion (FGD) bersama mitra KTH Sejahtera diadakan pada 6 September 2024

sebagai langkah awal dalam program "Inovasi Teknologi Pirolisis untuk Peningkatan Kesejahteraan Petani Kopi Hutan di Bondowoso." FGD ini bertujuan untuk memahami kondisi terkini dan tantangan yang dihadapi oleh kelompok tani KTH Sejahtera dalam mengelola lahan kopi hutan mereka. Kegiatan ini juga dihadiri oleh perwakilan Cabang Dinas Kehutanan Jember, yang membawahi wilayah Kabupaten Bondowoso dan Jember. Kehadiran Cabang Dinas Kehutanan sebagai pembina kelompok tani hutan di wilayah tersebut memberikan kontribusi penting dalam penyampaian informasi mengenai regulasi, dukungan, serta pandangan terkait pengelolaan hutan berkelanjutan. Gambar 3 menunjukkan kegiatan FGD yang dilaksanakan di Kantor Cabang Dinas Kehutanan Wilayah Jember, Wilayah Kerja Bondowoso.



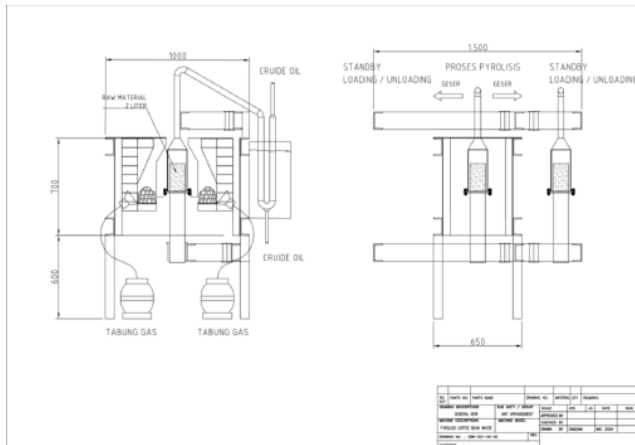
Gambar 3. Kegiatan FGD di Kantor Cabang Dinas Kehutanan Wilayah Jember Wilayah Kerja Bondowoso

Selama kegiatan, peserta berdiskusi secara mendalam mengenai kondisi lahan kopi yang dikelola oleh KTH Sejahtera. Beberapa perwakilan dari KTH Sejahtera mengungkapkan permasalahan utama yang mereka hadapi, termasuk penurunan kualitas dan kesuburan tanah akibat kurangnya penggunaan pupuk, serta tantangan dalam pengelolaan limbah kulit kopi. Diskusi ini juga membuka wawasan mengenai potensi pemanfaatan limbah kopi untuk produk yang lebih bernilai guna, seperti biochar dan asap cair. Solusi awal yang ditawarkan oleh tim pengabdian berupa penerapan teknologi pirolisis disambut positif, karena dianggap sebagai alternatif yang tidak hanya dapat meningkatkan produktivitas, tetapi juga memberikan nilai tambah bagi para petani.

Melalui FGD ini, tim pengabdian berhasil mengumpulkan data awal yang akan menjadi dasar dalam merancang implementasi teknologi pirolisis di KTH Sejahtera. Hasil diskusi juga menunjukkan bahwa ada dukungan dan kesiapan dari para petani untuk berpartisipasi aktif dalam program ini. Selain itu, FGD ini menjadi wadah penting untuk menyatukan pandangan antara tim pengabdian, KTH Sejahtera, dan Cabang Dinas Kehutanan dalam menyusun strategi implementasi program. Dengan adanya dukungan dari berbagai pihak, diharapkan teknologi pirolisis ini dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi kesejahteraan petani kopi hutan dan keberlanjutan lingkungan di Kabupaten Bondowoso.

2. Desain dan pembuatan alat pirolisis

Desain dan pembuatan alat pirolisis untuk pengolahan limbah kulit kopi dilaksanakan pada periode September hingga Oktober 2024. Alat ini dirancang sebagai bagian dari program inovasi teknologi yang bertujuan untuk mengubah limbah kulit kopi menjadi produk yang bernilai, seperti biochar dan asap cair, melalui proses pirolisis. Pirolisis sendiri merupakan teknologi dekomposisi termal yang bekerja di bawah kondisi atmosfer inert, sehingga material organik seperti kulit kopi dapat terurai menjadi komponen padat, cair, dan gas (Czernik & Bridgwater, 2004). Salah satu keunggulan dari teknologi ini adalah kemampuan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang lebih terkontrol serta mengurangi emisi pencemar lingkungan, yang menjadikannya pilihan ramah lingkungan untuk pengolahan limbah. Desain alat pirolisis serta alat pirolisis ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Desain Alat Pirolisis



Gambar 5. Alat Pirolisis

Proses pirolisis yang dilakukan pada limbah kulit kopi bertujuan untuk menguraikan komponen utama biomassa, yaitu selulosa, hemiselulosa, dan lignin, menjadi beberapa produk bernilai. Kulit kopi sebagai limbah biomassa memiliki potensi besar untuk diolah melalui pirolisis. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Nguyen *et al.*, 2023), kulit kopi mengandung $39,2 \pm 0,2$ wt% selulosa, $12,6 \pm 0,1$ wt% hemiselulosa, $23,3 \pm 0,1$ wt% lignin Klason, dan $2,9 \pm 0,4$ wt% lignin larut asam. Komposisi ini menunjukkan bahwa kulit kopi memiliki jumlah selulosa dan lignin yang cukup besar untuk mendukung proses pirolisis yang optimal. Selama pirolisis, limbah kopi mengalami pemanasan hingga mencapai suhu tertentu, yang mengakibatkan pemecahan struktur kimia dari komponen-komponen tersebut. Produk yang dihasilkan antara lain asap cair, tar, biochar, dan bio-oil. Khususnya, biochar dapat dimanfaatkan sebagai agen remediasi tanah, sementara asap cair memiliki potensi sebagai pestisida alami dan pengawet makanan. Dengan proses ini, diharapkan limbah kulit kopi yang sebelumnya hanya menumpuk di area perkebunan dapat diolah menjadi produk yang bermanfaat, sehingga mendukung pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.

Proses desain alat pirolisis dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan dan skala produksi KTH Sejahtera sebagai mitra pengabdian. Alat pirolisis dirancang agar mudah digunakan oleh petani, sehingga operasionalnya dapat berjalan secara efisien tanpa membutuhkan keahlian teknis yang tinggi. Selain itu, aspek keamanan dan efektivitas alat juga menjadi perhatian utama dalam tahap desain ini. Dengan adanya alat pirolisis yang dirancang khusus ini, diharapkan proses pengolahan limbah kulit kopi di KTH Sejahtera dapat berjalan lebih efisien, dan hasilnya dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi kesejahteraan petani kopi hutan serta menjaga kelestarian lingkungan sekitar.

3. Sosialisasi dan pelatihan penggunaan alat pirolisis

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan alat pirolisis dilaksanakan pada 22-23 Oktober 2024. Acara ini dihadiri oleh 20 anggota KTH Sejahtera, perwakilan Cabang Dinas Kehutanan Jember, serta beberapa pejabat setempat, seperti Camat Taman Krocok dan Kepala Desa Kretek. Tujuan utama kegiatan ini adalah untuk memberikan pemahaman menyeluruh tentang proses pirolisis dalam mengolah limbah kulit kopi menjadi produk bermanfaat, seperti biochar dan asap cair. Acara diawali dengan pemaparan materi oleh narasumber dari Universitas Bhayangkara, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), serta Politeknik Negeri Jember, yang memiliki keahlian di bidang pirolisis dan pengolahan limbah biomassa.

Para narasumber memberikan edukasi menyeluruh tentang teknologi pirolisis, termasuk cara pengolahan limbah kulit kopi, serta aplikasi biochar dan asap cair pada bidang pertanian dan pengolahan pangan. Narasumber menjelaskan bagaimana proses pirolisis bekerja untuk mengubah kulit kopi menjadi biochar, yang bermanfaat bagi tanah, serta asap cair yang berfungsi sebagai pestisida alami dan pengawet makanan. Penjelasan rinci juga diberikan terkait pengoperasian alat pirolisis, sehingga para peserta dapat memahami tahap demi tahap proses pirolisis ini. Adapun,

narasumber bersama perwakilan mitra KTH sejahtera dan Dinas Kehutanan ditunjukkan pada Gambar 6, sedangkan kegiatan sosialisasi pengetahuan mengenai teknologi pirolisis dan pelatihan penggunaan alat pirolisis ditunjukkan pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 6. Narasumber bersama perwakilan Mitra KTH Sejahtera dan Dinas Kehutanan

Biochar berfungsi untuk meningkatkan kualitas tanah melalui berbagai mekanisme, termasuk penyerapan polutan, peningkatan kandungan nutrisi, dan penyeimbangan pH tanah (Wang & Wang, 2019). Selain itu, biochar juga dapat meningkatkan retensi air dalam tanah, yang sangat penting dalam menghadapi kondisi kekeringan dan perubahan iklim. Dengan memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroba, biochar berkontribusi terhadap peningkatan kesuburan tanah secara keseluruhan, yang mendukung produktivitas pertanian jangka panjang.

Di sisi lain, asap cair yang dihasilkan melalui proses pirolisis memiliki potensi sebagai biopestisida yang efektif dalam pengendalian hama (Ton *et al.*, 2020). Penggunaan biopestisida seperti asap cair merupakan pilihan yang ramah lingkungan karena relatif aman bagi manusia dan hewan non-target, serta mudah terdegradasi secara alami di lingkungan, sehingga mengurangi risiko pencemaran tanah dan air (Triawan *et al.*, 2022). Oleh karena itu, asap cair dapat dianggap sebagai solusi berkelanjutan dan efisien dalam pengendalian hama, sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan. Dengan demikian, baik biochar maupun asap cair memainkan peran penting dalam praktik pertanian berkelanjutan yang bertujuan untuk menjaga kesehatan ekosistem dan meningkatkan ketahanan pangan.

Dalam bidang pengolahan pangan, asap cair memiliki sifat antimikroba, sehingga berpotensi sebagai pengawet makanan. Keberadaan senyawa asam, fenol, dan karbonil dalam asap cair memberikan potensi yang signifikan untuk digunakan dalam industri makanan. Kandungan senyawa fenol dan asam asetat dalam asap cair dapat menghambat pertumbuhan bakteri seperti, *Escherichia coli*, dan *Staphylococcus aureus* (Budaraga & Putra, 2019). Selain itu, senyawa fenolik juga berfungsi sebagai antioksidan dengan menstabilkan radikal bebas. Asap cair tidak hanya memberikan aroma khas, tetapi juga meningkatkan kualitas warna pada produk yang diasap. Pengolahan ikan menggunakan asap cair memiliki beberapa keunggulan, seperti kemudahan penerapan, rasa produk yang lebih merata, dapat digunakan berulang kali, lebih efisien, serta dapat diterapkan pada berbagai jenis produk makanan. Selain itu, penggunaan asap cair juga meminimalkan pencemaran lingkungan dari karsinogen dan senyawa berbahaya, seperti tar dan benzopyrene. Produk asap yang dihasilkan menggunakan asap cair dianggap aman untuk kesehatan karena tidak mengandung senyawa hidrokarbon polisiklik aromatik (PAH) (Keryanti *et al.*, 2020).

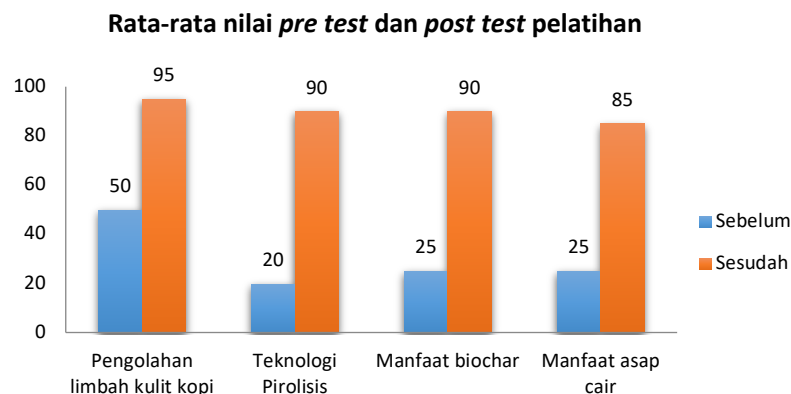


Gambar 7. Kegiatan Sosialisasi Inovasi Teknologi Pirolisis



Gambar 8. Pelatihan Penggunaan Alat Pirolisis

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan alat pirolisis bertujuan untuk meningkatkan pemahaman serta keterampilan anggota KTH Sejahtera dalam mengolah limbah kulit kopi menjadi biochar dan asap cair. Sebelum kegiatan dimulai, pengetahuan masyarakat mengenai teknologi pirolisis ini masih terbatas, hanya mencapai rata-rata 30%. Sosialisasi difokuskan pada pemahaman dasar tentang manfaat dan proses pirolisis, mulai dari prinsip kerja alat hingga produk yang dihasilkan, seperti biochar yang bermanfaat sebagai agen remediasi tanah dan asap cair yang dapat digunakan sebagai pestisida alami. Materi disampaikan dengan metode yang mudah dipahami oleh peserta, sehingga mereka dapat menyerap informasi dengan lebih optimal.



Gambar 9. Peningkatan Keterampilan dan Pengetahuan Mitra KTH Sejahtera

Dalam pelatihan, materi disampaikan dengan cara yang mudah dipahami, sehingga peserta dapat menyerap informasi secara optimal. Berdasarkan Gambar 9, terdapat peningkatan signifikan pada keterampilan dan pengetahuan mitra setelah pelatihan, dengan rata-rata nilai pre-test 30% (pemahaman rendah) meningkat menjadi 90% (pemahaman tinggi) pada post-test. Secara khusus, pemahaman mengenai pengolahan limbah kulit kopi meningkat dari 50% menjadi 95%, pemahaman tentang teknologi pirolisis naik dari 20% menjadi 90%, dan pengetahuan mengenai manfaat biochar serta asap cair masing-masing meningkat dari 25% menjadi 90% dan 85%.

Setelah sosialisasi, dilakukan pelatihan penggunaan alat pirolisis untuk produksi biochar dan asap cair. Rangkaian kegiatan ini sangat efektif, karena para peserta tampak antusias dan aktif dalam mencoba mengoperasikan alat serta bertanya tentang proses yang sedang dijalankan. Selain itu, banyak anggota KTH yang menunjukkan minat untuk mengaplikasikan teknologi ini. Dengan meningkatnya keterampilan serta minat para petani, diharapkan teknologi pirolisis ini dapat

diterapkan secara mandiri oleh KTH Sejahtera, sehingga dapat membantu mengurangi limbah dan memberikan manfaat ekonomi tambahan bagi kelompok tani hutan ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pelatihan teknologi pirolisis untuk pembuatan biochar dan asap cair berbahan kulit kopi di Kelompok Tani Hutan (KTH) Sejahtera, Desa Kretek, Kecamatan Taman Krocok, Kabupaten Bondowoso, telah berhasil dilaksanakan. Indikator capaian ditunjukkan oleh adanya peningkatan pemahaman masyarakat mengenai teknologi pirolisis, serta manfaat biochar dan asap cair sebagai hasil pelatihan. Kegiatan pengabdian ini berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan anggota kelompok tani hutan dalam pembuatan biochar dan asap cair dengan teknologi pirolisis, dari semula rata-rata pemahaman 30% menjadi 90%. Setelah kegiatan ini, diharapkan informasi dan keterampilan yang diperoleh dapat disebarluaskan ke kelompok tani hutan lainnya di Kabupaten Bondowoso, dengan dukungan pendampingan dari Dinas Kehutanan setempat. Secara keseluruhan, program pengabdian ini dapat meningkatkan semangat anggota KTH Sejahtera dalam pemanfaatan limbah kulit kopi serta meningkatkan kekompakan KTH Sejahtera.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi (APTV), Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian melalui program Hibah INOVOKASI 2024. Selain itu, terima kasih juga kami sampaikan kepada Cabang Dinas Kehutanan Jember, Wilayah Kerja Bondowoso yang telah mendampingi selama kegiatan berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrah, B. D., Riady, M. I., Sari, T. I., Hadiah, F., Sumardi, N., Pratiwi, S. I., Julianto, A., & Aryansyah, A. D. (2023). Produksi Asap Cair dari Limbah Kopi di Desa Karang Tanding Kecamatan Jarai Kabupaten Lahat. *Aksiologi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7(3). <https://doi.org/10.30651/aks.v7i3.9101>
- BPS .2023. *Produksi Perkebunan Karet dan Kopi Menurut Kabupaten/Kota dan Jenis Tanaman di Provinsi Jawa Timur (Ton), 2021 dan 2022*. <https://jatim.bps.go.id/id/statistics-table/1/MjYwMSMx/produksi-perkebunan-karet-dan-kopi-menurut-kabupaten-kota-dan-jenis-tanaman-di-provinsi-jawa-timur--ton---2021-dan-2022.html>
- Budaraga, I. K., & Putra, D. P. (2019). Liquid Smoke Antimicrobial Test of Cocoa Fruit Peel Against *Eschericia Coli* and *Staphylococcus Aureus* Bacteria. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 365(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012049>
- Czernik, S., & Bridgwater, A. V. (2004). Overview of Applications of Biomass Fast Pyrolysis Oil. *Energy & Fuels*, 18(2), 590–598. <https://doi.org/10.1021/ef034067u>
- Dewi, F. C., Tuhuteru, S., Aladin, A., & Yani, D. S. (2021). Characteristics of Liquid Smoke of Red Fruit (*Pandanus conoideus*. L.) Waste with Pyrolysis Method and Potentially as Biopesticide. *Journal of Environmental and Agricultural Studies*, 2(2), 81–86. <https://doi.org/10.32996/jeas.2021.2.2.7>
- Erdiansyah, I., Soelaksini, L. D., Pratiwi, B. Y., Eliyatningsih, E., Maulana, A. J. Y., & Febyanti, N. P. E. S. (2024). Edukasi Pembuatan Teknologi Asap Cair Sebagai Pengendali Hama Wereng Pada Budidaya Padi. *Journal of Community Development*, 5(2), 267–274. <https://doi.org/10.47134/comdev.v5i2.270>
- Keryanti., Permanasari, A. R., Yulistiani, F., Sihombing, R. P., & Wibisono, W. (2020). Applications of Liquid Smoke from Biomass on Food Products: A Review: Proceedings of the International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020). International Seminar of Science and Applied Technology (ISSAT 2020), Bandung, Indonesia. <https://doi.org/10.2991/aer.k.201221.086>
- Nguyen, D. V., Duong, C. T. T., Vu, C. N. M., Nguyen, H. M., Pham, T. T., Tran-Thuy, T.-M., & Nguyen, L.

- Q. (2023). Data on chemical composition of coffee husks and lignin microparticles as their extracted product. *Data in Brief*, 51, 109781. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109781>
- Passos, F., Cordeiro, P. H. M., Baeta, B. E. L., De Aquino, S. F., & Perez-Elvira, S. I. (2018). Anaerobic co-digestion of coffee husks and microalgal biomass after thermal hydrolysis. *Bioresource Technology*, 253, 49–54. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.12.071>
- Rocher-Ros, G., Stanley, E. H., Loken, L. C., Casson, N. J., Raymond, P. A., Liu, S., Amatulli, G., & Sponseller, R. A. (2023). Global methane emissions from rivers and streams. *Nature*, 621(7979), 530–535. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06344-6>
- Ton, S., Priyadi, D. A., & Darma, Y. Y. (2020). Pembuatan Asap Cair Guna Mendukung Pertanian Organik di Desa Bulusari, Kecamatan Kalipuro, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Indonesian Journal of Community Engagement)*, 6(4). <https://doi.org/10.22146/jpkm.51793>
- Triawan, D. A., Banon, C., Saputra, H. E., Nurwidiyani, R., Adfa, M., & Andina, K. F. (2022). Pendampingan Pembuatan Asap Cair dari Sekam dan Jerami Padi pada Kelompok Tani Akur Kabupaten Rejang Lebong. *Wikrama Parahita : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 67–72. <https://doi.org/10.30656/jpmwp.v6i1.3747>
- Wang, J., & Wang, S. (2019). Preparation, modification and environmental application of biochar: A review. *Journal of Cleaner Production*, 227, 1002–1022. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>
- Weber, K., & Quicker, P. (2018). Properties of biochar. *Fuel*, 217, 240–261. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>
- Wijaya, M., Wiharto, M., & Danial, M. (2019). Using pine and cocoa waste with pyrolysis technology by liquid smoke, charcoal and bio char. *Journal of Physics: Conference Series*, 1321(2), 022031. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1321/2/022031>