

Sosialisasi dan Pelatihan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Sumber Energi Alternatif bagi Gabungan Kelompok Tani di Kecamatan Silo, Kabupaten Jember

Socialization and Training on Utilizing Coffee Husk Waste as an Alternative Energy Source for Farmer Groups in Silo Subdistrict, Jember District

**Muhammad Dimyati
Nashrullah ***

Andi Sanata

Imam Sholahuddin

Imam Rudi Sugara

Dani Hari Tunggal Prasetyo

Department of Mechanical
Engineering, University of Jember,
East Java, Indonesia

email:
m.dimyati.nashrullah@unej.ac.id

Kata Kunci
Kuli Kopi
Gasifikasi
Syngas
Kecamatan Silo

Keywords:
Coffee Husk
Gasification
Syngas
Silo Subdistrict

Received: January 2025
Accepted: March 2025
Published: August 2025

Abstrak

Kecamatan Silo merupakan salah satu desa penghasil kopi dengan jumlah produksi lebih dari 40% dari total produksi kopi di Kabupaten Jember. Proses pengolahan kopi menghasilkan limbah kulit kopi yang seringkali dibuang ke lingkungan sehingga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan. Limbah kulit kopi memiliki nilai kalor tinggi yang besar dan cocok digunakan sebagai bahan bakar biomassa untuk menghasilkan Syngas melalui metode gasifikasi. Mitra pengabdian ini adalah GAPOKTAN Suka Maju yang berlokasi di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. GAPOKTAN Suka Maju diketuai Bapak Zainal Arifin dengan jumlah anggota sebanyak 30 orang. Tujuan pengabdian ini adalah untuk memberikan pengetahuan anggota GAPOKTAN Suka Maju tentang dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan dan pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai sumber energi melalui metode gasifikasi. Metode pengabdian terdiri atas pra-kegiatan, pelaksanaan kegiatan, dan evaluasi. Pra-kegiatan terdiri atas pembuatan desain alat gasifikasi, pembuatan alat gasifikasi, dan pengeringan limbah kulit kopi. Sedangkan pelaksanaan pengabdian terdiri atas sosialisasi dampak pembuangan limbah kulit kopi dan potensi energi limbah kulit kopi dan pelatihan penggunaan alat gasifikasi. Hasil pengabdian menunjukkan peningkatan signifikan pemahaman peserta pengabdian tentang dampak pembuangan limbah kulit kopi, potensi energi limbah kulit kopi, dan metode gasifikasi serta alat gasifikasi sebagai cara mengubah limbah kulit kopi menjadi bahan bakar.

Abstract

The Silo subdistrict is one of the coffee-producing villages, with a production amounting to more than 40% of the total coffee production in Jember Regency. The coffee processing produces coffee husk waste, which is often discarded into the environment and potentially causes pollution. Coffee husk waste has a high calorific value and is suitable for use as biomass fuel to produce syngas through gasification methods. The partner for this community service is GAPOKTAN Suka Maju, located in Pace Village, Silo Subdistrict, Jember Regency. GAPOKTAN Suka Maju is led by Mr. Zainal Arifin, who has 30 members. This community service aims to provide knowledge to GAPOKTAN Suka Maju members about the environmental impact of coffee husk waste disposal and the utilization of coffee husk waste as an energy source through gasification methods. The community service method consists of pre-activities, activity implementation, and evaluation. The pre-activities include designing the gasification equipment, making the gasification equipment, and drying the coffee husk waste. The implementation consists of socializing the environmental impact of coffee husk waste disposal, the energy potential of coffee husk waste, and training in gasification equipment. The results show a significant increase in the participants' understanding of the environmental impact of coffee husk waste disposal, the energy potential of coffee husk waste, and the gasification method and equipment to convert coffee husk waste into fuel.



© 2025 Muhammad Dimyati Nashrullah, Andi Sanata, Imam Sholahuddin, Imam Rudi Sugara, Dani Hari Tunggal Prasetyo. Published by Institute for Research and Community Services Universitas Muhammadiyah Palangkaraya. This is Open Access article under the CC-BY-SA License (<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>). DOI: <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i8.9097>

How to cite: Nashrullah, M, D., Sanata, A., Sholahuddin, I., Sugara, I, R., & Prasetyo, D, H, T. (2025). Sosialisasi dan Pelatihan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Sumber Energi Alternatif bagi Gabungan Kelompok Tani di Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, 10(8), 1856-1862. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i8.9097>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu produsen kopi terbesar di dunia. Pada tahun 2022, Indonesia memproduksi 793000 ton kopi (Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2023). Salah satu provinsi penghasil kopi terbesar adalah Jawa Timur dimana produksi kopi mencapai 47994 ton pada tahun 2022 (BPS Indonesia, 2023). Jember merupakan salah satu sentra kopi terbesar di Jawa Timur, dengan produksi mencapai 12361 ton pada tahun 2023 (BPS Provinsi Jawa Timur, 2024). Kecamatan Silo merupakan penyumbang terbesar produksi kopi di Kabupaten Jember dengan jumlah produksi sebesar lebih dari 40% produksi kopi di Kabupaten Jember (BPS Kabupaten Jember, 2024). Kecamatan Silo menyumbang kopi robusta terbesar di Jember jumlah lebih dari 40% kopi dipasok dari kecamatan ini (Septianingtyas Purwandhini *et al.*, 2023). Kabupaten Silo memiliki faktor lingkungan yang baik yaitu kesesuaian kondisi tanah, iklim dan cuaca sehingga cocok untuk budidaya tanaman kopi.

Proses pengolahan kopi menghasilkan limbah. Besar limbah pengolahan kopi hampir 50% dari jumlah kopi yang dipanen (Kibret *et al.*, 2021). Limbah tersebut sering kali tidak dimanfaatkan secara tepat dan menjadi sumber potensial pencemaran lingkungan. Salah satu limbah pengolahan kopi adalah kulit kopi. Limbah kulit kopi bersifat racun bagi lingkungan jika dibuang sembarangan karena adanya kandungan kafein, tanin, dan polifenol di dalamnya (Mussatto *et al.*, 2011). Pembuangan limbah kulit kopi yang tidak diawasi akan menyebabkan masalah bau, penyakit jamur pada tumbuhan, dan kerusakan lingkungan (Latief *et al.*, 2024; Ruesgas-Ramón *et al.*, 2019). Komponen kulit kopi pada kopi menyumbang 20% dari berat kopi (Zhang *et al.*, 2023). Kulit kopi memiliki nilai kalor tinggi (HHV) sekitar 18.6 MJ/kg dengan komposisi C, H, dan O masing-masing sebesar 47.71%, 5.93%, dan 43.93% (De Oliveira *et al.*, 2018). Hal ini menjadikan kulit kopi sebagai bahan baku biomassa yang cocok untuk gasifikasi. Gasifikasi biomassa adalah proses termokimia dimana biomassa padat diolah dengan media gasifikasi dalam jumlah terbatas menjadi *Syngas* (CH₄, CO₂, CO, H₂) (Mishra & Upadhyay, 2021). Proses gasifikasi berlangsung pada temperatur 900 – 1500 °C untuk menghasilkan *Syngas* (Rodrigues *et al.*, 2022). *Syngas* dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk berbagai keperluan. Pada proses konversi biomassa menjadi energi, proses gasifikasi sendiri mempunyai kelebihan dibandingkan dengan proses pembakaran biomassa diantaranya adalah unit gasifikasi yang lebih kecil dapat memproses jumlah bahan bakar yang sama dengan unit pembakaran yang lebih besar (Briones-Hidrovo *et al.*, 2021).

Terdapat Gabungan Kelompok Tani (GAPOKTAN) Suka Maju di Desa Pace, Kecamatan Silo (serayunusantara.com, 2023). Gapoktan Suka Maju merupakan kelompok usaha yang bergerak pada peningkatan produksi kebun tanaman pertanian melalui kegiatan pemanfaatan lahan pertanian untuk ditanami tanaman kopi. GAPOKTAN Suka Maju ini diketuai oleh Bapak Zainal Arifin dengan jumlah anggota sekitar 30 orang. Kegiatan yang dilakukan oleh GAPOKTAN pada produksi tanaman kopi hanya dilakukan sebatas menanam, memelihara, menanen, dan memasarkan hasil kopi. Usaha pemanfaatan limbah kulit kopi masih belum dilakukan. Limbah kulit kopi hanya dijual dengan harga murah yaitu Rp400-Rp1000 per-kg. Pengetahuan akan gasifikasi sebagai teknologi menghasilkan *Syngas* dari limbah kulit kopi juga masih minim. Dengan produksi kopi yang besar di Kecamatan Silo maka potensi limbah kulit kopi sebagai bahan baku energi alternatif juga besar. Pada pengabdian kepada masyarakat ini dilakukan sosialisasi dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan dan potensi energi limbah kulit kopi dengan mitra pengabdian adalah GAPKTAN Suka Maju. Selain itu dilakukan pelatihan penggunaan alat gasifikasi untuk pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi sumber bahan bakar alternatif pengganti LPG. Tujuan penelitian ini adalah untuk meningkatkan kesadaran GAPOKTAN Suka Maju terhadap dampak lingkungan yang terjadi ketika limbah kulit kopi dibuang sembarangan di lingkungan. Lebih lanjut, pengabdian ini bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada GAPOKTAN Suka Maju tentang pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai sumber energi alternatif melalui metode gasifikasi.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat tentang Sosialisasi dan Pelatihan Pemanfaatan Limbah Kulit Kopi sebagai Sumber Energi Alternatif bagi Gabungan Kelompok Tani di Kecamatan Silo Kabupaten Jember melibatkan dosen, teknisi, dan mahasiswa dari Fakultas Teknik Universitas Jember. Mitra pengabdian ini adalah GAPOKTAN Suka Maju dengan ketua bernama Zainal Arifin dengan anggota GAPOKTAN Suka Maju sebanyak 30 orang. Metode kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini terdiri atas tiga tahapan, yaitu: pra-kegiatan, pelaksanaan kegiatan, dan evaluasi. Adapun rincian tahapan metode pengabdian kepada masyarakat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pra-kegiatan merupakan tahapan metode pengabdian sebelum pelaksanaan kegiatan. Tahapan ini meliputi pembuatan desain alat gasifikasi limbah kulit kopi dan dilanjutkan dengan pembuatan alat tersebut. Alat gasifikasi ini digunakan sebagai alat pelatihan dan akan dihibahkan kepada GAPOKTAN Sukamaju. Alat gasifikasi limbah kulit kopi berfungsi sebagai perubah limbah kulit kopi menjadi syngas. Selain mendesain dan membuat alat gasifikasi, persiapan limbah kulit kopi sebagai bahan bakar gasifikasi juga dilakukan. Limbah kulit kopi tidak bisa langsung dimasukkan ke dalam reaktor gasifikasi. Limbah kulit kopi perlu dilakukan pengurangan kandungan air dengan cara dijemur dibawah sinar matahari. Limbah kulit kopi yang digunakan pada pengabdian ini berasal dari limbah kulit kopi GAPOKTAN Suka Maju.
2. Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini meliputi sosialisasi dan pelatihan. Sosialisasi yang akan dilakukan terdiri atas sosialisasi dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan dan sosialisasi potensi energi limbah kulit kopi sebagai sumber energi alternatif pengganti LPG. Pelatihan alat gasifikasi dilakukan setelah sosialisasi telah selesai dilakukan. Pelatihan ini memuat tentang persiapan alat gasifikasi dan limbah kulit kopi, proses gasifikasi, dan pemanfaatan *Syngas* hasil gasifikasi. Setelah pelatihan alat dan demonstrasi yang dilakukan, alat gasifikasi akan diserahkan ke GAPOKTAN Suka Maju agar dapat dimanfaatkan.
3. Evaluasi dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan pelaksanaan pengabdian yang dilakukan. Evaluasi dilakukan dengan cara memberikan kuesioner kepada peserta pengabdian. Kuesioner berupa beberapa pertanyaan mengenai sosialisasi dan pelatihan yang dilakukan. Kuesioner diberikan pada saat sebelum dan sesudah pelaksanaan kegiatan pengabdian. Hasil jawaban kuesioner sebelum dan sesudah pelaksanaan pengabdian akan dibandingkan dan dilakukan analisis.

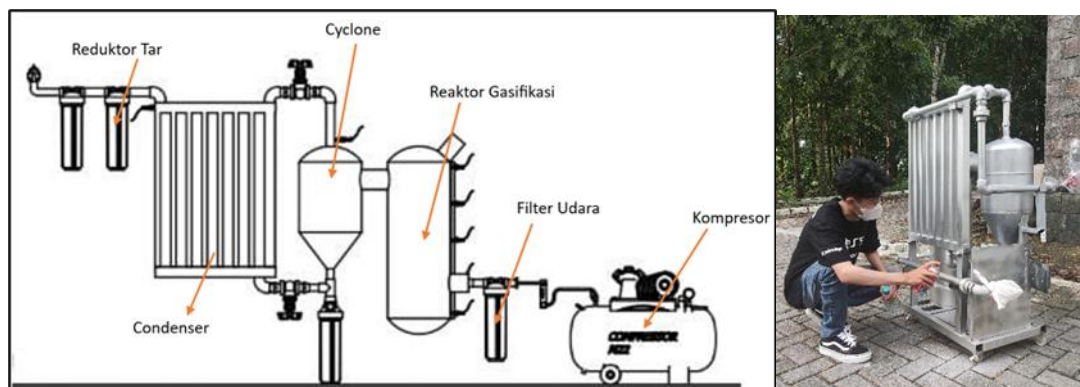
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tim pengabdian yang terdiri atas dosen, teknisi, dan mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Jember melakukan pengabdian sosialisasi dan pelatihan pemanfaatan limbah kulit kopi dengan mitra GAPOKTAN Suka Maju. GAPOKTAN Suka Maju berlokasi di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember dan diketuai oleh Zainul Arifin. Hasil dan pembahasan akan dibagi berdasarkan tahapan kegiatan pengabdian yaitu pra-kegiatan, pelaksanaan kegiatan, dan evaluasi.

Pra-kegiatan

Pada tahapan pra-kegiatan, dilakukan pembuatan desain alat gasifikasi dan pembuatan alat gasifikasi berdasarkan desain yang telah dibuat. Alat gasifikasi memuat reaktor gasifikasi, *cyclone*, *condenser*, filter kelembapan udara, alat reduksi tar, alat ukur temperatur, alat ukur tekanan, alat ukur kelembapan udara, pemantik api, dan kompresor sebagai penyupai udara. Reaktor gasifikasi berfungsi sebagai tempat terjadinya proses gasifikasi dengan memanfaatkan limbah kulit kopi sebagai biomassa dan udara sebagai medium gasifikasi. *Syngas* yang dihasilkan kemudian memasuki *cyclone*. *Cyclone* berfungsi untuk memisahkan *Syngas* dengan ash dan tar dengan ukuran besar. *Condenser* berfungsi untuk merubah fasa tar menjadi cair sehingga *Syngas* akan memiliki kandungan tar rendah. *Syngas* kemudian dilewatkan reduktor tar berupa filter yang akan semakin mengurangi jumlah tar. Semakin sedikit kandungan tar pada *Syngas* maka semakin baik kualitas *Syngas* yang dihasilkan (Pio *et al.*, 2021; Von Berg *et al.*, 2021). *Syngas* yang telah melawati reduktor tar dapat disalurkan ke burner

kompor sehingga akan menghasilkan api berwarna biru. Alat gasifikasi yang dibuat dapat menampung limbah kulit kopi sebanyak 10 kg. Skema desain alat gasifikasi dan hasil pembuatan alat ditampilkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. (a) Skema Alat Gasifikasi Limbah Kulit Kopi dan (b) Alat Gasifikasi yang Berhasil Dibuat dalam Proses Pengecatan.

Limbah kulit kopi yang telah didapatkan dari GAPOKTAN Suka Maju dilakukan proses pengeringan terlebih dahulu. Proses pengeringan akan mengurangi kandungan air limbah kulit kopi sehingga mempermudah proses pemantikan api ketika awal proses gasifikasi yang terjadi di reaktor. Limbah kulit kopi yang kering ini juga akan mengurangi pembentukan tar ketika proses gasifikasi berlangsung. Pengeringan limbah kulit kopi dilakukan secara sederhana dengan ditempatkan di bawah sinar matahari. Pengeringan limbah kulit kopi ditampilkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Proses Pengeringan Limbah Kulit Kopi.

Pelaksanaan Kegiatan

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilakukan di sekretariat GAPOKTAN Suka Maju pada hari Minggu, tanggal 22 Desember 2024. Peserta pengabdian adalah petani yang bergabung di GAPOKTAN Suka Maju dengan jumlah peserta pengabdian berjumlah 19 orang. Pelaksanaan kegiatan pengabdian terdiri atas sosialisasi dan pelatihan. Pelaksanaan kegiatan diawali dengan sosialisasi mengenai dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan dan potensi energi pada limbah kulit kopi. Pada sosialisasi ini, tim pengabdian menjelaskan dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan secara sembarangan dapat menyebabkan bau tidak sedap dan akan menjadi penyakit bagi tanaman yang lain. Diberikan pula beberapa kasus pembuangan limbah kulit kopi di beberapa daerah yang menimbulkan permasalahan. Selain itu, tim pengabdian juga menjelaskan beberapa bentuk pengolahan limbah kulit kopi salah satunya adalah dengan mengolah limbah kulit kopi menjadi *Syngas* melalui metode gasifikasi. Tim pengabdian menjelaskan secara umum bagaimana proses gasifikasi berjalan, kondisi limbah kulit kopi yang harus kering terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam reaktor gasifikasi, dan *Syngas* hasil gasifikasi yang dapat digunakan sebagai alternatif pengganti LPG. Kegiatan sosialisasi ini ditampilkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Penjelasan Dampak Pembuangan Limbah Kulit Kopi ke Lingkungan dan Potensi Energi Limbah Kulit Kopi oleh Tim Pengabdian.

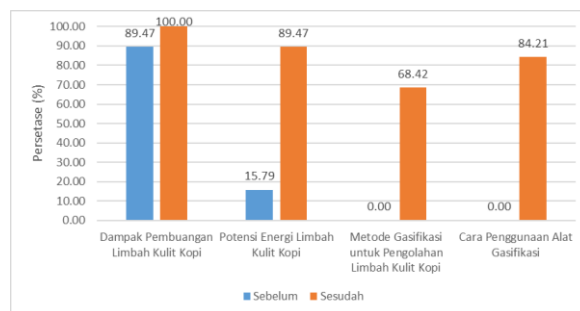
Pelatihan penggunaan alat gasifikasi dilakukan setelah sosialiasi selesai. Tim menjelaskan terlebih dahulu fungsi dari masing-masing komponen alat gasifikasi. Kemudian didemonstrasikan bagaimana cara memasukkan limbah kulit kopi kering ke dalam reaktor gasifikasi dan cara memantik api di dalam reaktor gasifikasi. Tim gasifikasi menjelaskan bahwa proses gasifikasi limbah kulit kopi memerlukan waktu tunggu untuk menghasilkan gas yang dapat dibakar. Waktu tunggu ini sekitar 20-30 menit dan selesai ditandai dengan asap pekat yang keluar dari kompor gasifikasi dan dapat dibakar. Peserta pengabdian kemudian ditunjukkan bagaimana cara memantik api dan mengatur besar kecilnya bara api dari kompor gasifikasi. Selain penjelasan yang dilakukan oleh tim pengabdian, peserta pengabdian juga diberikan kesempatan untuk melakukan pengoperasian alat gasifikasi. Alat gasifikasi ini kemudian dihibahkan kepada GAPOKTAN Suka Maju agar dapat dimanfaatkan petani sebagai salah satu cara dalam memanfaatkan limbah kulit kopi hasil pengolahan kopi oleh petani. Pelatihan penggunaan alat gasifikasi ditampilkan oleh Gambar 4.



Gambar 5. (a) Penjelasan Fungsi Komponen Alat Gasifikasi dan (b) Demonstasi Penggunaan Alat Gasifikasi

Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur keberhasilan pelaksanaan kegiatan pengabdian yang telah dilakukan. Evaluasi dilakukan dengan cara pengisian kuesioner oleh peserta pengabdian yang diberikan ketika sebelum dan sesudah pelaksanaan kegiatan. Kuesioner berisi beberapa pertanyaan tentang sosialiasi dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan dan potensi energi limbah kulit kopi serta pelatihan penggunaan alat gasifikasi limbah kulit kopi.



Gambar 6. Hasil Pengisian Kuesioner Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengisian kuesioner oleh peserta pengabdian sebelum dan setelah pelaksanaan kegiatan pengabdian terhadap pemahaman penjelasan sosialisasi dan pelatihan. Sebelum pelaksanaan kegiatan pengabdian, sebanyak 89.47% peserta tidak memahami dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan, 15.79% peserta tidak memahami potensi energi limbah kulit kopi, dan tidak ada peserta yang memahami metode gasifikasi untuk mengubah limbah kulit kopi menjadi *Syngas* dan pengoperasian alat gasifikasi. Setelah pelaksanaan kegiatan pengabdian, terdapat peningkatan pemahaman signifikan peserta pengabdian dimana sebanyak 100% peserta memahami dampak pembuangan limbah kulit kopi ke lingkungan, 89.47% peserta memahami potensi energi limbah kulit kopi, 68.42% peserta memahami gambaran umum metode gasifikasi, dan 84.21% peserta memahami cara penggunaan alat gasifikasi.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat berupa sosialisasi dan pelatihan pemanfaatan limbah kulit kopi sebagai sumber energi alternatif bagi GAPOKTAN Suka Maju sukses dilakukan. Pelaksanaan kegiatan dilaksanakan di sekretariat GAPOKTAN Suka Maju yang berada di Desa Pace, Kecamatan Silo, Kabupaten Jember. Peserta pengabdian mendapatkan pengetahuan baru tentang dampak pembuangan limbah kulit kopi secara sebarangan ke lingkungan. Peserta juga mendapatkan pengetahuan baru tentang potensi energi limbah kulit kopi sebagai sumber energi alternatif berupa *Syngas* yang diperoleh melalui proses gasifikasi. Selain itu, peserta pengabdian mendapatkan pelatihan penggunaan alat gasifikasi mulai dari persiapan limbah kulit kopi sampai dengan pengaturan besarnya bara api. Dari hasil evaluasi didapatkan penambahan pemahaman yang signifikan dari peserta pengabdian. Diharapkan dengan adanya pengabdian ini, petani kopi GAPOKTAN Suka Maju tidak membuang limbah kulit kopi secara sembarang ke lingkungan dan dapat memanfaatkan limbah kulit kopi salah satunya dengan mengubah limbah kulit kopi *Syngas* menggunakan alat gasifikasi yang telah dihibahkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada Universitas Jember melalui LP2M yang telah membiayai kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Terimakasih juga kami ucapkan kepada mahasiswa dan teknisi yang membantu kegiatan pengabdian dari awal hingga akhir. Tidak lupa kami ucapkan terimakasih kepada GAPOKTAN Suka Maju yang telah menyukseskan kegiatan pengabdian ini.

REFERENSI

BPS Indonesia. (2023). Statistik Kopi Indonesia 2022 (Vol. 7). BPS Indonesia.

BPS Kabupaten Jember. (2024). Kabupaten Jember dalam Angka 2024. BPS Kabupaten Jember.

BPS Provinsi Jawa Timur. (2024). Provinsi Jawa Timur dalam Angka 2024 (Vol. 47). BPS Provinsi Jawa Timur.

- Briones-Hidrovo, A., Copa, J., Tarelho, L. A. C., Gonçalves, C., Pacheco Da Costa, T., & Dias, A. C. (2021). Environmental and energy performance of residual forest biomass for electricity generation: Gasification vs. combustion. *Journal of Cleaner Production*, **289**, 125680. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125680>
- De Oliveira, J. L., Da Silva, J. N., Martins, M. A., Pereira, E. G., & Da Conceição Trindade Bezerra E Oliveira, M. (2018). Gasification of waste from coffee and eucalyptus production as an alternative source of bioenergy in Brazil. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, **27**, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.04.005>
- Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia. (2023). Statistik Perkebunan Unggulan Nasional 2020-2022. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Kibret, H. A., Kuo, Y.-L., Ke, T.-Y., & Tseng, Y.-H. (2021). Gasification of spent coffee grounds in a semi-fluidized bed reactor using steam and CO₂ gasification medium. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, **119**, 115–127. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2021.01.029>
- Latief, M., Heriyanti, H., Tarigan, I. L., Bemis, R., & Puspitasari, R. D. (2024). Pengembangan Ekonomi Kreatif Masyarakat melalui Pengolahan Limbah Kulit Kopi Liberika di Desa Jatimulyo: The Development of Economy Creative through Liberica Coffee Waste Processing in Jatimulyo Village. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, **9**(3), 409–413. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v9i3.5562>
- Mishra, S., & Upadhyay, R. K. (2021). Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters. *Materials Science for Energy Technologies*, **4**, 329–340. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2021.08.009>
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues. *Food and Bioprocess Technology*, **4**(5), 661–672. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Pio, D. T., Ruivo, L. C. M., Tarelho, L. A. C., Frade, J. R., Kantarelis, E., & Engvall, K. (2021). Tar formation during eucalyptus gasification in a bubbling fluidized bed reactor: Effect of feedstock and reactor bed composition. *Energy Conversion and Management*, **229**, 113749. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113749>
- Rodrigues, J. P., Ghesti, G. F., Silveira, E. A., Lamas, G. C., Ferreira, R., & Costa, M. (2022). Waste-to-hydrogen via CO₂/steam-enhanced gasification of spent coffee ground. *Cleaner Chemical Engineering*, **4**, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.clce.2022.100082>
- Ruesgas-Ramón, M., Figueroa-Espinoza, M. C., Durand, E., Suárez-Quiroz, M. L., González-Ríos, O., Rocher, A., Reversat, G., Vercauteren, J., Oger, C., Galano, J.-M., Durand, T., & Vigor, C. (2019). Identification and quantification of phytoprostanes and phytofurans of coffee and cocoa by- and co-products. *Food & Function*, **10**(10), 6882–6891. <https://doi.org/10.1039/C9FO01528K>
- Septianingtyas Purwandhini, A., Wahyu Pudjiastutik, E., & Exwin Suhaeriyah, N. (2023). Analisis Perwilayahan Komoditas Kopi. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, **19**(2), 167–178. <https://doi.org/10.20956/jsep.v19i2.25124>
- serayunusantara.com. (2023, July 8). Petik Kopi Merah, Bupati Jember Kenalkan Varietas Kopi Milo Robusta—Serayu Nusantara. <https://serayunusantara.com/petik-kopi-merah-bupati-jember-kenalkan-varietas-kopi-milo-robusta/>
- Von Berg, L., Pongratz, G., Pilatov, A., Almuina-Villar, H., Hochenauer, C., Scharler, R., & Anca-Couce, A. (2021). Correlations between tar content and permanent gases as well as reactor temperature in a lab-scale fluidized bed biomass gasifier applying different feedstock and operating conditions. *Fuel*, **305**, 121531. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121531>
- Zhang, X., Wang, W., Yang, W., Su, P., Ge, Y., Jiang, K., & Huang, J. (2023). Optimized carbonization of coffee shell via response surface methodology: A circular economy approach for environmental remediation. *Environmental Pollution*, 123018. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.123018>