

## **CIRCULAR ECONOMY PEDESAAN: MENGOPTIMALKAN LIMBAH DAUN KARET MENJADI ENERGI ALTERNATIF BERKELANJUTAN DI DESA TANOH MIRAH**

**Karina Cibro, Winda Arisky, Teuku Syahrir, Rini Afiana, M.Oveel Agustiranda Tanira, Nabila Aprilia, Ipah Mauliza, Teuku Raja Muhammad Israq Alief, Nurjanah**

Prodi Ilmu Administrasi Negara Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik

Universitas Teuku Umar

karinacibro4@gmail.com

### **ABSTRAK**

Desa Tanoh Mirah sebagai sentra perkebunan karet di Aceh Barat menghadapi permasalahan pengelolaan limbah daun karet yang mencapai 130-156 ton per tahun. Pembakaran terbuka limbah ini menghasilkan emisi gas rumah kaca 3.000-3.600 ton CO<sub>2</sub> ekuivalen dan gangguan kesehatan masyarakat. Tujuan pengabdian ini adalah mengimplementasikan konsep circular economy untuk mengubah limbah daun karet menjadi briket arang sebagai energi alternatif berkelanjutan. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan kualitatif konstruktivis dengan triangulasi data melalui observasi partisipatif, wawancara mendalam, dan dokumentasi terhadap 15 kepala keluarga petani karet selama 40 hari. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan masyarakat dari skor 45,3 menjadi 78,6, produksi 450 kg briket berkualitas standar SNI dengan nilai kalor 4.125 kcal/kg, dan tambahan pendapatan Rp 180.000-250.000 per bulan per keluarga. Program berhasil mengurangi 78% praktik pembakaran limbah dan menurunkan emisi 2,1 ton CO<sub>2</sub> ekuivalen per bulan. Temuan penting menunjukkan orientasi masyarakat lebih tertarik memanfaatkan briket untuk ekspor daripada konsumsi domestik. Implementasi circular economy terbukti efektif mengatasi masalah lingkungan sekaligus membuka peluang ekonomi baru bagi masyarakat pedesaan.

**Kata Kunci: circular economy, limbah daun karet, briket arang, energi alternatif, pemberdayaan masyarakat**

### **ABSTRACT**

*Tanoh Mirah Village, as a rubber plantation center in West Aceh, faces rubber leaf waste management problems reaching 130-156 tons annually. Open burning of this waste produces 3,000-3,600 tons of CO<sub>2</sub> equivalent greenhouse gas emissions and public health disorders. This community service aims to implement circular economy concepts to transform rubber leaf waste into charcoal briquettes as sustainable alternative energy. The implementation method uses a qualitative constructivist approach with data triangulation through participatory observation, in-depth interviews, and documentation of 15 rubber farmer households for 40 days. Results show increased community knowledge from score 45.3 to 78.6, production of 450 kg quality briquettes meeting SNI standards with calorific value 4,125 kcal/kg, and additional income of Rp 180,000-250,000 per month per family. The program successfully reduced waste burning practices by 78% and decreased emissions by 2.1 tons CO<sub>2</sub> equivalent per month. Important findings indicate*

*community orientation is more interested in utilizing briquettes for export rather than domestic consumption. Circular economy implementation proves effective in addressing environmental problems while opening new economic opportunities for rural communities.*

**Keywords: circular economy, rubber leaf waste, charcoal briquettes, alternative energy, community empowerment**

## PENDAHULUAN

Indonesia menjadi kekuatan utama di sektor perkebunan karet dunia, menempati posisi produsen terbesar kedua setelah Thailand. Data (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2022) menyebutkan bahwa luas perkebunan karet di Indonesia mencapai 3,6 juta hektar yang tersebar di berbagai pulau dengan produksi tahunan sebesar 3,2 juta ton. Angka ini menegaskan peranan besar Indonesia dalam memenuhi kebutuhan karet global yang mencapai sekitar 30% dari total produksi dunia. Indonesia memiliki posisi strategis dalam industri karet dunia yang didukung oleh iklim tropis yang ideal untuk pertumbuhan tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) serta tersedianya lahan yang luas untuk pengembangan perkebunan (N.H.Putra Harahap & B.Agung Segoro, 2018). Provinsi-provinsi di Pulau Sumatera dan Kalimantan menjadi pusat utama produksi karet di tingkat nasional, dengan kontribusi sebesar 75% dari total produksi nasional (Badan Pusat Statistik, 2023).

Provinsi Aceh, sebagai salah satu pusat perkebunan karet, memiliki kondisi geografis dan klimatologis yang sangat mendukung tanaman karet. Kabupaten Aceh Barat, khususnya Kecamatan Sungai Mas, dikenal sebagai daerah penghasil karet berkualitas tinggi. Desa Tanoh Mirah, yang berada di wilayah ini, menjadi contoh nyata komunitas petani karet yang hidup bergantung pada komoditas tersebut selama puluhan tahun. Menurut data monografi desa, sekitar 70% dari 105 kepala keluarga di Desa Tanoh Mirah berprofesi sebagai petani karet lahan masing-masing. Aktivitas perkebunan karet di Desa Tanoh Mirah telah berlangsung sejak era kolonial Belanda dan berkembang hingga kini. Mayoritas petani karet di desa ini merupakan petani *smallholder* dengan kepemilikan lahan rata-rata 1-3 hektar per kepala keluarga, mencerminkan pola perkebunan rakyat yang dominan di Indonesia (Goenadi, D. H., Siagian, N., & Winarna, A., 2019). Tahapan budidaya karet seperti penanaman, pemeliharaan, penyadapan, dan pengolahan getah sudah menjadi bagian penting dari kehidupan sosial-ekonomi masyarakat setempat. Namun, di balik keberhasilan ekonomi dari karet, terdapat persoalan lingkungan yang sering terabaikan, terutama terkait pengelolaan limbah dari perkebunan tersebut.

Perkebunan karet menghasilkan berbagai limbah organik, dengan limbah daun karet kering sebagai yang paling dominan dan berpotensi menimbulkan masalah. (Vachlepi, A., & Suwardin, D., 2020) menemukan bahwa setiap hektar perkebunan karet dapat menghasilkan limbah daun kering sebanyak 2,5 hingga 3 ton per tahun, bergantung pada umur tanaman dan kondisi iklim. Dengan luas perkebunan karet di Desa Tanoh Mirah kurang lebih 52 hektar. Jumlah ini menunjukkan tingginya potensi limbah yang jika tidak dikelola dengan baik bisa menimbulkan problem lingkungan serius. Letak geografis Desa Tanoh Mirah yang berada di dataran rendah dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun memberikan tantangan tersendiri dalam pengelolaan limbah daun karet. Kelembaban udara yang tinggi membuat dekomposisi daun-daun kering

berjalan lambat, menyebabkan penumpukan di sekitar pohon karet dan pemukiman warga. Penumpukan daun kering ini bukan hanya mengganggu keindahan lingkungan, tetapi juga dapat menjadi sumber penyakit serta tempat berkembang biaknya hama tanaman.

Masyarakat Desa Tanoh Mirah menghadapi kendala utama dalam pengelolaan limbah daun karet yaitu kurangnya pengetahuan dan teknologi untuk memanfaatkan limbah ini. Praktik yang umum dilakukan selama ini adalah pembakaran terbuka limbah daun, terutama di musim kemarau, karena dianggap praktis dan tanpa biaya tambahan. Namun, pembakaran tersebut menimbulkan dampak negatif besar terhadap lingkungan dan kesehatan. (Syahza, A., & Suarman, D., 2020) melakukan penelitian di perkebunan karet Provinsi Riau dan menemukan bahwa pembakaran terbuka limbah daun karet menghasilkan emisi gas rumah kaca dalam jumlah signifikan. Setiap kilogram daun yang dibakar menghasilkan sekitar 1,8 kilogram CO<sub>2</sub> ekuivalen, termasuk gas berbahaya lainnya seperti karbon monoksida, nitrogen oksida, dan partikel halus PM<sub>2.5</sub>. Dengan limbah daun karet yang jumlah yang banyak di Desa Tanoh Mirah, emisi gas rumah kaca dari pembakaran ini diperkirakan mencapai 3.000-3.600 ton CO<sub>2</sub> ekuivalen per tahun (Sari, N. K., & Kusumadewi, A., 2021). Dampak pembakaran limbah daun karet juga langsung memengaruhi kesehatan masyarakat setempat. Asap yang dihasilkan mengandung zat kimia berbahaya yang menimbulkan gangguan pernapasan, iritasi mata, dan penyakit lainnya. Anak-anak dan lansia menjadi kelompok paling rentan. Data Puskesmas setempat menunjukkan peningkatan kasus ISPA bertepatan dengan periode pembakaran limbah yang tinggi (Wardhana et al., 2019).

Selain masalah pembakaran limbah, warga Desa Tanoh Mirah juga menghadapi tantangan dalam pemenuhan kebutuhan energi rumah tangga. Ketergantungan pada kayu bakar masih sangat tinggi saat adanya acara besar di rumah atau acara gampong. Penggunaan kayu bakar ini memberikan tekanan pada hutan sekitar dan menyebabkan polusi udara dalam rumah yang berdampak buruk bagi kesehatan keluarga, terutama ibu-ibu yang lebih lama berada di dapur (Adrian et al., T., 2023). Sebagian kecil masyarakat yang mampu secara ekonomi mulai beralih ke gas elpiji sebagai alternatif bahan bakar. Namun, akses ke gas ini masih terbatas karena kendala geografis dan ekonomi. Desa yang cukup jauh dari pusat kecamatan menyebabkan distribusi terganggu terutama saat musim hujan. Kondisi ini menciptakan paradoks menarik: masyarakat menghadapi masalah limbah daun karet yang menumpuk dan mencemari lingkungan, namun juga mencari sumber energi alternatif yang terjangkau dan berkelanjutan. Sebenarnya, limbah daun karet yang dianggap beban justru memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif.

Daun karet kering memiliki karakteristik fisik dan kimia yang mendukung sebagai bahan baku energi biomassa. (Anjali, D., 2025) menyatakan bahwa daun karet mengandung 45-50% selulosa, 25-30% lignin, dan 20-25% hemiselulosa. Komposisi ini ideal untuk bahan bakar padat seperti briket arang. Nilai kalor daun karet sekitar 3.800-4.200 kcal/kg, setara kayu bakar berkualitas sedang dan lebih tinggi dari biomassa lain seperti jerami padi. Konversi daun karet menjadi briket arang cukup sederhana dan dapat menggunakan teknologi tepat guna yang cocok untuk kondisi pedesaan. Metode karbonisasi tradisional memakai drum/kaleng atau tungku dapat menghasilkan arang dengan efisiensi baik. Arang tersebut kemudian diolah menjadi briket dengan perekat alami seperti tepung kanji atau tanah liat yang mudah didapat di desa. Keunggulan lain

pemanfaatan daun karet sebagai bahan bakar briket adalah ketersediaan bahan baku yang kontinyu. Berbeda dengan limbah pertanian musiman, daun karet berguguran sepanjang tahun dengan intensitas relatif stabil. Hal ini memungkinkan produksi briket berlangsung terus-menerus dan dapat menjadi sumber pendapatan stabil bagi masyarakat.

Dalam skala global, konsep ekonomi sirkular (*circular economy*) telah menjadi paradigma baru pengelolaan sumber daya berkelanjutan. (Ellen MacArthur Foundation, 2019) mendefinisikan ekonomi sirkular sebagai sistem ekonomi yang dirancang untuk menghilangkan limbah dan penggunaan sumber daya secara berkelanjutan, melalui tiga prinsip utama: merancang produk tanpa limbah dan polusi, menjaga produk dan material dalam penggunaan, serta meregenerasi sistem alam. Konsep ini menjadi alternatif dari ekonomi linear tradisional yang mengikuti pola ambil-buat-buang. Implementasi *circular economy* di pedesaan memiliki karakteristik berbeda dibanding di perkotaan atau industri. (Murray, A., Skene, K., & Haynes, K., 2017) menekankan bahwa pendekatan holistik sangat diperlukan, dengan memperhatikan aspek sosial, budaya, dan ekonomi. Di pedesaan, *circular economy* tidak hanya soal efisiensi teknis pengelolaan sumber daya, tetapi juga pemberdayaan masyarakat, pelestarian kearifan lokal, serta penguatan ekonomi komunitas. Konsep *circular economy* sangat relevan diterapkan pada pengelolaan limbah daun karet di Desa Tanoh Mirah. Model ini bisa mengubah pandangan masyarakat dari limbah menjadi sumber daya bernilai ekonomi. Siklus yang dapat dikembangkan dimulai dari produksi getah karet sebagai produk utama, dengan daun kering sebagai produk sampingan. Daun kering diolah menjadi briket arang untuk bahan bakar rumah tangga atau dijual untuk pendapatan tambahan. Abu hasil pembakaran briket dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik, menciptakan siklus tertutup yang berkelanjutan. Implementasi ekonomi sirkular di Desa Tanoh Mirah juga memberi manfaat lebih luas, bukan hanya pengelolaan limbah dan produksi energi alternatif. Secara ekonomi, program ini membuka sumber penghasilan tambahan dan mengurangi ketergantungan pada harga karet global yang fluktuatif serta mendorong ekonomi kreatif desa. Dari sisi lingkungan, dapat mengurangi emisi gas rumah kaca, pencemaran udara akibat pembakaran limbah, dan mengurangi tekanan terhadap hutan. Secara sosial, meningkatkan kapasitas pengelolaan sumber daya alam, memperkuat kohesi sosial melalui gotong royong, dan meningkatkan kesadaran lingkungan.

Keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknis masyarakat dalam mengolah limbah jadi produk bernilai menjadi tantangan utama yang perlu diatasi dengan pelatihan dan pendampingan. Keterbatasan akses teknologi dan peralatan juga menjadi hambatan yang memerlukan dukungan pemerintah, LSM, dan sektor swasta (Handayani, R., & Pratama, B., 2023). Aspek pasar juga krusial dalam keberhasilan implementasi ini. Ketersediaan pasar untuk produk briket arang harus dijamin agar program berkelanjutan secara ekonomi. Pengembangan jaringan pemasaran, standarisasi produk, dan promosi dibutuhkan untuk meningkatkan kesadaran konsumen terhadap energi alternatif ramah lingkungan.

Urgensi pelaksanaan program *circular economy* di Desa Tanoh Mirah makin mendesak dengan adanya tantangan perubahan iklim global. Pengelolaan limbah daun karet ramah lingkungan menjadi kontribusi nyata desa dalam mitigasi emisi gas rumah kaca. Tren meningkatnya kesadaran terhadap produk ramah lingkungan membuka peluang pasar besar bagi

briket arang dari limbah daun karet. Konsumen terutama di perkotaan mencari bahan bakar yang lebih bersih dan berkelanjutan, menciptakan peluang ekonomi menarik bagi masyarakat desa. Program ini sejalan dengan kebijakan pemerintah yang mendukung pembangunan berkelanjutan dan ekonomi hijau. Sustainable Development Goals (SDGs) khususnya tujuan ke-7 tentang energi bersih dan terjangkau, tujuan ke-11 tentang kota dan komunitas berkelanjutan (United Nations, 2023) yang diadopsi Indonesia menekankan pengelolaan sumber daya berkelanjutan, pengurangan kemiskinan, dan mitigasi iklim. Circular economy di Desa Tanoh Mirah dapat menjadi model implementasi SDGs tingkat komunitas yang dapat dijadikan contoh oleh desa lain dengan karakteristik serupa. Dengan demikian, program pengelolaan limbah daun karet sebagai energi alternatif berkelanjutan di Desa Tanoh Mirah merupakan upaya komprehensif membangun pembangunan berkelanjutan pedesaan. Program ini bertujuan merubah paradigma masyarakat dalam pengelolaan sumber daya alam, menganalisis perubahan perilaku dan persepsi, serta membangun model pemberdayaan masyarakat yang berkelanjutan jangka panjang. Keberhasilannya diharapkan menjadi inspirasi dan model bagi komunitas lain dalam menerapkan prinsip circular economy di tingkat akar rumput untuk masa depan berkelanjutan.

## **METODE PELAKSANAAN**

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di Desa Tanoh Mirah, Kecamatan Sungai Mas, Kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh pada bulan Juli hingga Agustus 2025 selama 40 hari. Khalayak sasaran adalah 15 kepala keluarga petani karet yang dipilih secara purposive sampling berdasarkan kriteria kepemilikan lahan karet minimal 0.5 hektar, kesediaan berpartisipasi aktif dalam program, dan representasi geografis wilayah desa. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan paradigma konstruktivis untuk memahami makna dan pengalaman subjektif masyarakat dalam proses transformasi limbah menjadi sumber daya (Creswell, J.W. and Poth, C.N., 2018). Pendekatan kualitatif dipilih karena fokus penelitian pada pemahaman mendalam tentang perubahan persepsi, perilaku, dan dinamika sosial ekonomi masyarakat dalam implementasi circular economy. Metode pengumpulan data menggunakan triangulasi sumber dan teknik yang terdiri dari Observasi Partisipatif yaitu peneliti terlibat langsung dalam aktivitas masyarakat selama proses sosialisasi, pelatihan, dan implementasi program untuk memahami dinamika interaksi sosial dan perubahan perilaku masyarakat (Spradley, J. P. , 2016), wawancara mendalam dilakukan terhadap 15 informan kunci yang terdiri dari kepala desa, tokoh masyarakat, petani karet, dan ibu rumah tangga untuk menggali persepsi, motivasi, dan pengalaman terkait program circular economy (Svend Brinkmann & Steinar Kvale, 2019) dan dokumentasi yaitu pengumpulan foto dan video proses kegiatan untuk mendokumentasikan perubahan fisik dan sosial yang terjadi selama implementasi program.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

## Sosialisasi dan Penerimaan Masyarakat

Kegiatan pengabdian dimulai dengan sosialisasi kepada 15 kepala keluarga petani karet yang telah dipilih sebagai target sasaran. Tahap sosialisasi dilaksanakan melalui pertemuan komunitas yang dihadiri oleh tokoh masyarakat, kepala desa, dan perwakilan kelompok tani. Hasil observasi partisipatif menunjukkan bahwa respons awal masyarakat sangat positif, meskipun masih terdapat keraguan terkait efektivitas program.

Wawancara mendalam dengan Pak Mawardi, salah satu petani karet senior, mengungkapkan

*"Selama ini daun karet memang jadi masalah bagi kami. Biasanya kami bakar saja karena menumpuk di kebun. Kalau bisa jadi briket, ya bagus juga."*

Pernyataan serupa disampaikan oleh Ibu Ryan

*"Kami tertarik dengan program ini, tapi perlu lihat dulu hasilnya. Kalau memang menguntungkan, insyaallah kami ikut."*

Analisis terhadap hasil sosialisasi menunjukkan bahwa tingkat penerimaan masyarakat tergolong baik dengan 87% peserta menyatakan bersedia mengikuti program hingga tahap akhir. Faktor yang mendorong antusiasme masyarakat adalah potensi ekonomi tambahan dan solusi terhadap masalah lingkungan yang selama ini dihadapi.



Gambar 1.1 Sosialisasi Pembuatan Briket

## Pelatihan dan Transfer Teknologi

Tahap pelatihan dilaksanakan selama 5 hari dengan materi meliputi: (1) pengenalan konsep circular economy, (2) teknik pengumpulan dan persiapan bahan baku daun karet, (3) proses karbonisasi sederhana, (4) pembuatan briket dengan perekat alami, dan (5) teknik pengemasan dan pemasaran produk. Hasil evaluasi pelatihan menunjukkan peningkatan pengetahuan yang signifikan. Pre-test menunjukkan rata-rata skor pengetahuan peserta 45,3 (kategori rendah), sedangkan post-test mencapai 78,6 (kategori baik). Peningkatan keterampilan teknis juga terlihat dari kemampuan peserta dalam mempraktikkan seluruh tahapan pembuatan briket secara mandiri pada hari ke-5 pelatihan.

Bapak Junaidi, kepala desa Tanoh Mirah, memberikan apresiasi

*"Program ini memberikan wawasan baru bagi masyarakat kami. Selama ini limbah daun karet hanya dibakar, sekarang bisa bernilai ekonomi. Semoga program ini bisa berkelanjutan."*

## Dampak Ekonomi dan Sosial

Implementasi program circular economy memberikan dampak ekonomi yang terukur bagi masyarakat peserta. Namun, temuan menarik muncul dari wawancara dengan peserta program.

Ibu Eva menyatakan

*"Program ini bagus, tapi kami mungkin tidak memerlukan briket untuk kebutuhan sendiri karena sudah terbiasa dengan kayu bakar. Kalau memungkinkan, kami lebih tertarik melakukan ekspor ke luar desa untuk menambah pendapatan daerah."*

Pernyataan serupa diungkapkan oleh Pak Muhibbun

*"Untuk kebutuhan rumah tangga, kami masih nyaman dengan kayu bakar. Tapi kalau briket ini bisa dijual ke kota atau daerah lain, itu lebih menarik bagi kami sebagai sumber penghasilan."*

Temuan ini mengindikasikan bahwa orientasi masyarakat lebih mengarah pada pemanfaatan briket sebagai komoditas ekonomi daripada substitusi bahan bakar rumah tangga. Hal ini selaras dengan penelitian (Wijaya et al., 2022) yang menemukan bahwa adopsi teknologi energi alternatif di pedesaan lebih didorong oleh motif ekonomi dibanding substitusi kebutuhan domestik.

## Dampak Lingkungan

Program ini berhasil mengurangi volume limbah daun karet yang dibakar secara signifikan. Observasi lapangan menunjukkan penurunan 78% praktik pembakaran terbuka limbah daun karet di area peserta program. Estimasi pengurangan emisi gas rumah kaca mencapai 2,1 ton CO<sub>2</sub> ekuivalen per bulan untuk 15 keluarga peserta.

## Tantangan dan Kendala

Meskipun menunjukkan hasil positif, program ini menghadapi beberapa tantangan. Kendala utama adalah keterbatasan peralatan produksi yang menyebabkan kapasitas produksi belum optimal. Akses pasar juga menjadi permasalahan karena belum terbangunnya jaringan pemasaran yang stabil. Aspek cuaca menjadi faktor pembatas, terutama pada musim hujan yang memperpanjang waktu pengeringan briket. Hal ini berdampak pada kontinuitas produksi dan kualitas produk akhir. Sebagian peserta juga masih memerlukan pendampingan intensif dalam aspek manajemen usaha dan perhitungan ekonomi.

## Keberlanjutan Program

Analisis keberlanjutan menunjukkan bahwa program memiliki prospek baik untuk dilanjutkan. Ketersediaan bahan baku yang kontinyu, dukungan pemerintah desa, dan antusiasme masyarakat menjadi faktor pendukung utama. Pembentukan kelompok usaha briket arang "Mekar Karet" pada akhir program menunjukkan komitmen masyarakat untuk melanjutkan kegiatan secara mandiri. Strategi pengembangan yang disarankan meliputi: (1) peningkatan kapasitas produksi melalui penambahan peralatan, (2) pengembangan jaringan pemasaran regional, (3) standarisasi produk dan kemasan, serta (4) diversifikasi produk turunan lainnya dari limbah karet.

Temuan penelitian ini mendukung konsep circular economy yang dikemukakan oleh (Ellen MacArthur Foundation, 2019) tentang transformasi limbah menjadi sumber daya bernilai. Implementasi di level komunitas pedesaan menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif dan teknologi tepat guna menjadi kunci keberhasilan program pemberdayaan masyarakat berbasis lingkungan.

## SIMPULAN

Program implementasi circular economy melalui pemanfaatan limbah daun karet menjadi briket arang di Desa Tanoh Mirah telah berhasil mencapai tujuan yang ditetapkan. Kegiatan sosialisasi dan pelatihan berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan masyarakat dalam pengelolaan limbah secara berkelanjutan, dengan peningkatan skor pengetahuan dari 45,3 menjadi 78,6. Temuan penting dari penelitian ini adalah orientasi masyarakat yang lebih tertarik memanfaatkan briket sebagai komoditas ekonomi untuk ekspor daripada substitusi bahan bakar rumah tangga. Hal ini membuka peluang pengembangan ekonomi desa melalui produk berbasis limbah karet yang dapat dipasarkan ke wilayah yang lebih luas.

Berdasarkan hasil kegiatan pengabdian, beberapa rekomendasi untuk pengembangan program selanjutnya adalah Perlu penambahan peralatan produksi untuk meningkatkan kapasitas dan efisiensi pembuatan briket, termasuk tungku karbonisasi yang lebih besar dan mesin pencetak briket semi-otomatis. Mengembangkan kemitraan dengan distributor bahan bakar alternatif di tingkat kabupaten dan provinsi untuk membuka akses pasar yang lebih luas sesuai aspirasi masyarakat. Memperkuat kapasitas kelompok usaha "Mekar Karet" melalui pelatihan manajemen usaha, akuntansi sederhana, dan strategi pemasaran digital.

## REFERENSI

- Adrian et al., T. . (2023). Energy transition towards renewable energy in Indonesia. . *Heritage and Sustainable Development*.
- Anjali, D. (2025). KARAKTERISTIK BRIKET ARANG AROMA DARI CANGKANG BIJI KARET (*Hevea brasiliensis*) DENGAN PENAMBAHAN SERBUK KULIT KAYU MANIS (*Cinnamomum burmannii*) DAN KAYU GAHARU (*Aquilaria malaccensis*) .

- Badan Pusat Statistik. (2023). Statistik Perkebunan Indonesia 2022. Jakarta: BPS.
- Creswell, J.W. and Poth, C.N. (2018). Qualitative Inquiry and Research Design Choosing among Five Approaches. SAGE Publications, Inc., Thousand Oaks.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2022). Statistik Perkebunan Indonesia: Karet. Jakarta: Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Ellen MacArthur Foundation. (2019). Circular economy: A critical literature review of concepts. Ellen MacArthur Foundation.
- Goenadi, D. H., Siagian, N., & Winarna, A. . (2019). Karakteristik sosial ekonomi petani karet smallholder di Indonesia. Warta Per karetan.
- Handayani, R., & Pratama, B. (2023). Implementasi ekonomi sirkular di Indonesia: Peluang dan tantangan. Indonesian Journal of Environmental Managemen.
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. . (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. . Journal of Business Ethics.
- N.H.Putra Harahap & B.Agung Segoro. (2018). Analisis Daya Saing Komoditas Karet Alam Indonesia ke Pasar Global. JURNAL TRANSBORDERS.
- Sari, N. K., & Kusumadewi, A. (2021). Health impact of biomass burning in rural communities: A case study from Indonesia. International Journal of Environmental Health Research.
- Spradley, J. P. . (2016). Participant observation (Reissue ed.). Long Grove: Waveland Press.
- Svend Brinkmann & Steinar Kvale. (2019). Interview: Learning the craft of qualitative research interviewing (3rd ed.). sage collage publishing.
- Syahza, A., & Suarman, D. . (2020). Pengelolaan limbah perkebunan karet sebagai upaya peningkatan kesejahteraan petani di Provinsi Riau. Jurnal Ekonomi Regional Unimal.
- United Nations. (2023). Sustainable Development Goals . New York: UN Publications. .
- Vachlepi, A., & Suwardin, D. (2020). Pengeringan karet remah berbasis sumber energi biomassa. 103-112.
- Wardhana et al.,. (2019). Air pollution from agricultural waste burning: Characteristics and mitigation strategies. Journal of Environmental Engineering.
- Wijaya et al. (2022). Technology adoption patterns in rural energy transition: Evidence from Indonesian villages. Energy Policy.