

PENERAPAN TEKNOLOGI PIROLISIS PLASTIK DAN ORGANIK MELALUI REAKTOR GANDA UNTUK OPTIMALISASI PENGELOLAAN SAMPAH BERKELANJUTAN

Bambang Sugiantoro¹, Nana Kariada Tri Martuti², Utis Sutisna^{3*},
Widowati⁴, Sunyoto⁵, Muhamad Soleh⁶

¹Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto, Indonesia

²Biologi, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

³Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto, Indonesia

⁴Pendidikan Tata Busana, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

⁵Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Negeri Semarang, Indonesia

⁶Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo Purwokerto, Indonesia

utis@stt-wiworotomo.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Desa Kemangkon di Purbalingga merupakan wilayah dengan tingkat kemiskinan tinggi dan rawan banjir yang berdampak pada produktivitas pertanian. Banjir menyebabkan degradasi unsur hara dan penurunan kualitas tanah sehingga memengaruhi ketahanan pangan. Untuk mengatasi permasalahan ini, diterapkan teknologi pirolisis plastik dan biomassa yang bertujuan meningkatkan keberlanjutan ekonomi, pengelolaan lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat. Permasalahan utama meliputi keterbatasan pengetahuan sumber daya manusia, teknologi pengolahan limbah yang masih sederhana, serta kurangnya strategi pengelolaan produksi berkelanjutan. Metode yang diterapkan mencakup pelatihan, penyuluhan, dan pendampingan sistem operasi reaktor pirolisis ganda untuk mengolah plastik menjadi minyak serta pembuatan biochar dari limbah organik guna memperbaiki struktur tanah. Evaluasi dilakukan melalui uji coba, validasi hasil, dan angket pretest serta post-test. Hasilnya menunjukkan peningkatan kapasitas mitra dalam pengelolaan limbah dan produksi biochar. Volume sampah plastik berkurang hingga 30%, sementara kualitas lahan pertanian meningkat. Gas metana juga dimanfaatkan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar. Keberhasilan ini membuktikan bahwa teknologi berbasis masyarakat mampu menjadi solusi pengelolaan limbah yang efektif, mendukung pengurangan emisi karbon, dan mendorong pengelolaan limbah berkelanjutan.

Kata Kunci: Pirolisis; Plastik; Kerajinan; Limbah; *Biochar*; *Self Sufficient*.

Abstract: *Kemangkon Village in Purbalingga is a high-poverty area prone to flooding that affects agricultural productivity. Flooding causes soil nutrient degradation and reduced soil quality, which impacts food security. To address these issues, plastic and biomass pyrolysis technology was introduced to enhance economic sustainability, environmental management, and community empowerment. Key challenges included limited knowledge among human resources, basic waste processing technology, and the absence of sustainable production strategies. Methods implemented included training, counseling, and mentoring on operating dual-reactor pyrolysis technology to process plastic waste into oil and producing biochar from organic waste to improve soil structure. Evaluations were conducted through trials, result validation, and pre- and post-test surveys. The results showed increased partner capacity in waste management and biochar production. Plastic waste volume was reduced by 30%, while agricultural land quality improved. Methane gas was utilized to reduce fuel consumption. This success highlights the potential of community-based technology as an effective solution for waste management, supporting carbon emission reduction and promoting sustainable practices.*

Keywords: *Pyrolysis; Plastic; Crafts; Waste; Biochar; Self-Sufficient.*



Article History:

Received: 12-11-2024

Revised : 03-01-2025

Accepted: 06-01-2025

Online : 01-02-2025



*This is an open access article under the
CC-BY-SA license*

A. LATAR BELAKANG

Kabupaten Purbalingga merupakan salah satu wilayah di Jawa Tengah dengan tingkat kemiskinan cukup tinggi, mencapai 14,99%, yang termasuk dalam 5 besar kabupaten termiskin di provinsi ini (BPS Kabupaten Purbalingga, 2023; BPS Provinsi Jawa Tengah, 2023). Selain tantangan ekonomi, Purbalingga juga menghadapi risiko kerawanan bencana alam yang signifikan, terutama yang terkait dengan erosi dan banjir (Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2020; BPS Provinsi Jawa Tengah, 2023). Kecamatan Kemangkon, yang berada dalam kabupaten ini, memiliki profil risiko banjir sedang dan sangat tinggi, dengan 24,53% dari wilayahnya berada dalam kategori sedang dan 75,47% dalam kategori sangat tinggi. Salah satu desa di Kecamatan Kemangkon yang memiliki tingkat kerawanan banjir tinggi adalah Desa Panican, yang dilalui oleh aliran Sungai Klawing. Sekitar 25% dari wilayah desa ini terdampak banjir setiap tahun, terutama bagian selatan dan barat daya yang berbatasan langsung dengan sungai. Dampak dari banjir ini tidak hanya menimbulkan kerusakan infrastruktur, tetapi juga mengganggu aktivitas pertanian dan mengurangi produktivitas lahan (Andani et al., 2019).

Desa Panican merupakan salah satu sentra produksi padi di Kabupaten Purbalingga, dengan lahan sawah seluas 113 hektar yang memiliki siklus tanam padi sebanyak dua hingga tiga kali dalam setahun. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, petani mulai merasakan penurunan hasil panen akibat penurunan kualitas struktur tanah. Kondisi ini diperparah dengan adanya banjir tahunan yang berdampak pada penurunan unsur hara tanah (Hanifah & Putri, 2022). Dalam upaya menjaga kesuburan tanah dan ketahanan pangan desa, Kelompok Tani Panca Taruna, melalui Keputusan Kepala Desa No. 17 Tahun 2022, mengupayakan konservasi tanah dan produksi pupuk organik lahan pertanian. Setiap bulannya, Kelompok Tani Panca Taruna mampu memproduksi sekitar 2-3 ton pupuk organik untuk menjaga kesuburan lahan pertanian. Selain itu, kegiatan peternakan komunal yang dimulai pada tahun 2015 juga memberikan kontribusi dalam menyediakan bahan organik yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos (Salim & Agustina, 2018).

Meskipun telah berupaya meningkatkan kualitas tanah melalui pemupukan organik, Kelompok Tani Panca Taruna menghadapi beberapa permasalahan tersebut meliputi keterbatasan sumber daya manusia (SDM) dalam mengelola dan mengoptimalkan bahan baku organik (Mukhtar et al., 2024), belum adanya teknologi pencacah bahan baku organik (Tuti Supatminingsih, 2022), serta kurangnya strategi pengelolaan yang dapat menghasilkan pendapatan tambahan dan monitoring produksi yang memadai.

Tantangan ini menjadi salah satu alasan mendasar untuk dilakukan intervensi teknologi yang mampu mengakselerasi kinerja kelompok tani dalam memproduksi pupuk organik serta meningkatkan nilai tambah dari

hasil kegiatan peternakan dan pertanian. Selain Kelompok Tani Panca Taruna, terdapat juga Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Bangun Utomo di Desa Panican yang mengelola unit pirolisis plastik dengan kapasitas 50 kg per proses. KSM ini melibatkan masyarakat dalam proses pemilahan sampah plastik dan organik, di mana sampah plastik yang diolah melalui mesin pirolisis dapat menghasilkan 42-44 liter minyak setiap kali proses, atau 122-125 liter per hari dari pengolahan 150 kg sampah plastik (Romianingsih, 2023). Meskipun produksi minyak dari pirolisis plastik ini memberikan manfaat sebagai alternatif bahan bakar, KSM Bangun Utomo juga menghadapi kendala yang serupa dengan Kelompok Tani Panca Taruna, yaitu Keterbatasan pengetahuan SDM dan belum adanya teknologi pirolisis yang memadai untuk mengolah biomassa dan menghasilkan biochar, serta kurangnya adaptasi teknologi yang sesuai dengan kondisi setempat (Sugiarto et al., 2024), menyebabkan kualitas biochar yang dihasilkan tergolong rendah (Prasetyo et al., 2020). Selain itu, aspek manajemen dan monitoring kinerja yang belum optimal juga menjadi tantangan yang perlu diatasi agar kinerja KSM dapat lebih efektif.

Pirolisis merupakan salah satu teknologi termal yang dapat mengonversi sampah plastik maupun organik menjadi produk energi dan biochar melalui proses dekomposisi termal pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen (Mutolib et al., 2023). Teknologi pirolisis plastik yang diimplementasikan oleh KSM Bangun Utomo menunjukkan potensi besar dalam mengurangi volume sampah plastik di desa, tetapi pemanfaatan teknologi ini belum mencakup limbah biomassa organik yang melimpah dari kegiatan pertanian dan peternakan. Proses pirolisis biomassa dapat menghasilkan biochar, produk yang memiliki manfaat besar dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan retensi air, dan menyuplai nutrisi bagi tanaman (Sugiarto et al., 2024). Biochar juga mampu mengurangi emisi karbon dioksida ke atmosfer dengan cara menyimpan karbon dalam jangka waktu lama di dalam tanah, sehingga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim (International Biochar Initiative, 2015).

Penggunaan biochar dalam upaya pemulihan lahan kritis di Desa Panican menjadi relevan mengingat struktur tanah yang semakin menurun kualitasnya akibat banjir tahunan (Aditya et al., 2023). Di samping itu, optimalisasi pemilahan sampah organik dan plastik akan membantu KSM Bangun Utomo dalam meningkatkan produksi minyak dari pirolisis plastik dan mengolah biomassa organik menjadi biochar, (Tris Sugiarto, 2024). Intervensi teknologi ini dapat dilakukan melalui pengembangan reaktor pirolisis plastik dengan sistem yang lebih efisien dan mandiri, sehingga proses produksi minyak pirolisis dapat berjalan dengan lebih efektif dan berkelanjutan. Teknologi pirolisis plastik *self-sufficient* memiliki kemampuan untuk memanfaatkan energi dari gas hasil pirolisis sebagai sumber panas, mengurangi ketergantungan terhadap energi eksternal, dan memungkinkan proses produksi yang lebih efisien (Firman et al., n.d.).

Berdasarkan uraian tersebut, perlunya penetrasi teknologi pirolisis plastik yang lebih efisien dan optimalisasi pemanfaatan sampah organik menjadi biochar sangat diperlukan dalam meningkatkan kapasitas produksi serta memperbaiki kondisi lingkungan dan pertanian. Penerapan teknologi mencakup penerapan teknologi pirolisis plastik dan biomassa, penguatan manajemen kelompok sasaran dalam upaya meningkatkan keberlanjutan ekonomi, pengelolaan lingkungan, dan pemberdayaan masyarakat. Penerapan teknologi dan penguatan keberdayaan berfokus penerapan teknologi reaktor pirolisis plastik dan biomassa untuk meningkatkan kapasitas produksi minyak pirolisis dari sampah plastik terpilah dan mengoptimalkan pengolahan sampah biomassa untuk menghasilkan biochar untuk meningkatkan produktivitas pertanian, terutama di area rentan banjir. Mengurangi volume sampah plastik dan organik melalui teknologi pirolisis sehingga mengurangi pencemaran lingkungan. Penguatan Kapasitas Manajemen dan Pemberdayaan Kelompok Sasaran dengan meningkatkan keterampilan sumber daya manusia (SDM) dari kelompok tani dan KSM dalam hal manajemen produksi, pemasaran, dan pengelolaan keuangan.

B. METODE PELAKSANAAN

Pada program kosabangsa mitra sasaran terdiri dari 2 kelompok, yaitu mitra 1 merupakan kelompok tani dan kedua kelompok pengelola unit pirolisis, data dan fasilitas yang dimiliki masing-masing kelompok sebagai berikut: Mitra Pertama: Kelompok Tani Panca Taruna (keputusan Kepala Desa, No.17, 2022), memproduksi pupuk organik 2-3 ton/bulan untuk menjaga kondisi tanah tetap subur. Kegiatan ternak komunal dimulai tahun 2015. Kelompok Tani ini alamat di Desa Panican, Kemangkon, ketua kelompok : Sahidin, sekretaris, Masrur, Anggota 15 orang. Permasalahan kelompok tani meliputi, (1). Aspek SDM, belum mampu mengoptimalkan bahan baku organik secara optimal, (2). Aspek produksi, belum memiliki teknologi pencacah/penghancur bahan baku organik, (3). Aspek Manajemen, belum ada upaya *income generating* yang memadai dan monitoring produksi.

Mitra 2: KSM Bangun Utomo, dibentuk tahun 2015, dengan pengurus baru, ditetapkan pada Januari 2023, (Keputusan Kepala Desa No. 3 Tahun 2023. Aktifitas dalam kegiatan penarikan sampah plastic untuk ditukar rupiah. Ketua KSM adalah Wiwit Sugiyanto, anggota, 21 orang, sekretariat berlokasi di Kemangkon, Purbalingga. Masyarakat dilibatkan dalam proses pemilahan sampah organik dan plastik. Proses produksi unit pirolisis 50 kg/proses, sampah plastik terkonversi menjadi 42-44 liter minyak. Produksi harian mencapai 150-170 kg plastik perhari menghasilkan 102-112, 5 liter/hari. Permasalahan KSM meliputi: (1) aspek sumber daya manusia (SDM), dengan keterbatasan pengetahuan, (2) aspek produksi, di mana KSM belum memiliki teknologi pirolisis biomassa untuk menghasilkan biochar

berupa TTG reaktor pirolisis, dan (3) aspek manajemen terkait pembagian dan monitoring kinerja yang belum optimal.

Inovasi teknologi yang diterapkan berbasis keunggulan produk dari rekam jejak tim pendamping Berupa : (1). Optimasi mesin reactor ganda produksi biochar dan minyak pirolisis, (2). TTG pencacah dan penghancur biomas, 500 kg/jam, motor penggerak diesel 15 PK (3). TTG pengayak pupuk, penggerak motor 1 pk, (4). Pembuatan website kinerja pengolahan dan layanan market online. Kegiatan berupaya mendorong penguatan program keberberlanjutan, *Sustainable Development Goals (SDGs)*, terutama pada reduksi emisi dan teknologi ramah lingkungan. Program pengabdian masyarakat mencakup penerapan teknologi reaktor pirolisis plastik dan biomassa, kerajinan berbasis limbah plastik, ecoprint, serta peningkatan kapasitas kedua mitra sasaran (Kelompok Tani Panca Taruna dan KSM Bangun Utomo). Metode pelaksanaan dibagi dalam tiga kegiatan utama yaitu:

1. Pra Kegiatan

Tahap Pra Kegiatan, mukhtarn untuk memastikan kelancaran program. Aktivitas yang dilakukan meliputi Identifikasi kebutuhan mitra untuk mengkaji kebutuhan spesifik Kelompok Tani Panca Taruna dan KSM Bangun Utomo dalam bentuk kegiatan survei dan diskusi awal, penyusunan program kerja dan membuat rencana detail kegiatan, termasuk jadwal, alokasi sumber daya, dan metode pelaksanaan. Kedua Persiapan bahan dan alat dan TTG yang akan diterapkan dan ketiga menyiapkan bahan pendukung seperti modul pelatihan, peralatan reaktor pirolisis, bahan ecoprint, serta bahan limbah plastik untuk kerajinan. Tim juga melakukan Koordinasi dengan mitra terkait jadwal dan menyamakan persepsi dengan kedua mitra sasaran untuk memastikan partisipasi aktif.

2. Tahap Pelaksanaan

Focus Group Discussion (FGD), workshop, dan sesi praktik, dengan detail sebagai berikut:

a. *Focus Group Discussion* (FGD)

FGD bertujuan untuk menyamakan persepsi dan kebutuhan sumber daya, dan potensi pengembangan yang ada di Desa Panican serta memfasilitasi komunikasi antara para pemangku kepentingan. FGD yang dilaksanakan meliputi: (1) FGD Teknologi yang akan diterapkan dalam pengolahan sampah melibatkan kedua kelompok, pemerintah desa, Dinas Lingkungan Hidup dan masyarakat terkait. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kapasitas dan kebutuhan ruang penerapan teknologi reaktor pirolisis dan pengolahan sampah plastik dan biomassa serta menjelaskan pembuatan dan penerapan biochar; dan (2) FGD penguatan manajemen dan pemasaran produk hasil pirolisis dan kerajinan, difokuskan pada peningkatan kemampuan

manajerial kedua mitra sasaran, terutama dalam hal monitoring produksi, strategi pemasaran, dan pengelolaan keuangan yang efektif.

b. Workshop

Workshop diadakan sebagai bentuk pelatihan langsung yang bertujuan meningkatkan kapasitas teknis dan pengetahuan mitra dalam menerapkan teknologi yang dilaksanakan dalam beberapa sesi yaitu : (1). Workshop teknologi pirolisis plastik dan biomassa, meliputi prinsip dasar teknologi pirolisis, termasuk cara kerja reaktor, bahan baku yang sesuai, dan hasil pirolisis. Pada sesi ini, akan dibahas juga cara memanfaatkan biochar untuk memperbaiki struktur tanah serta cara penyimpanan. Peserta dilatih memantau suhu dan proses pirolisis agar berjalan dengan aman dan efisien; (2) Workshop pemilahan sampah di lokasi tempat pengelolaan sampah terpadu (TPST) Banyumas; dan (3) Penguatan manajemen dan pemasaran, bertujuan meningkatkan kemampuan manajemen kedua mitra sasaran dengan materi yang mencakup pencatatan produksi, strategi pemasaran digital, teknik branding, serta distribusi produk.

c. Praktik

Praktik dilakukan untuk memastikan bahwa peserta dapat menerapkan pengetahuan yang telah diperoleh dari workshop, Kegiatan praktik meliputi (1) Praktek pemilahan sampah, dan (2) Praktek sistem operasional reaktor pirolisis, praktik langsung mengoperasikan reaktor pirolisis dari awal hingga akhir, termasuk pemilihan bahan baku, pemeliharaan reaktor, serta pengumpulan dan penyimpanan hasil pirolisis. Praktik Pengelolaan dan Pemasaran Produk, melakukan simulasi pencatatan produksi, pengelolaan stok, serta strategi pemasaran berbasis digital dan offline.

3. Evaluasi

Evaluasi berupa peningkatan kapasitas pada aspek SDM, melalui pre test dan post test, evaluasi dilakukan untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta terutama pada pemahaman parameter suhu dan waktu dalam menjaga kualitas hasil. Performasi TTG reaktor ganda, pemilah helix dan pengayak pupuk diuji fungsi dan optimasi kinerjanya.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Tahap Pra Kegiatan

Pada tahapan ini tim pelaksana melakukan observasi pada kondisi Mitra Sasaran yaitu kelompok tani panca taruna dan kedua adalah pengelola sampah desa KSM Bangun Utomo, berfokus pada produksi minyak pirolisis dari sampah plastik.

2. FGD Finalisasi dan Spesifikasi TTG

Tim pendamping dan tim pelaksana, berdiskusi untuk finalisasi desain Teknologi Tepat Guna (TTG); (1) Mesin pirolisis ganda; dan (2) Mesin pengayak, dan (3). mesin pemilah sampah helix, ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1. Tim pendamping dan tim pelaksana melakukan Penyamaan persepsi dan finalisasi TTG yang akan diterapkan

Mesin pirolisis ganda dirancang untuk memproses sampah plastik dan biomassa secara bersamaan, menghasilkan bahan bakar cair dan biochar. Tim menambahkan sistem burner *self-sufficient* yang memanfaatkan gas hasil pirolisis untuk mempertahankan suhu reaktor (Sartohadi et al., 2024). Mesin pemilah sampah helix dirancang untuk memisahkan sampah berdasarkan jenis sampah (Sunyoto et al., 2023).

3. FGD dengan Dinas DLH, Tata Ruang dan BALITBANGDA

Tim pengabdian program ini diundang oleh Pemerintah Kabupaten Purbalingga untuk memberikan gambaran replikasi teknologi reaktor ganda pada kapasitas yang 50-100 ton/hari. Kegiatan ini melibatkan 5 dinas terkait pengelolaan sampah dan rencana pembangunan pengelolaan sampah terpadu. Kegiatan ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2. FGD desain pengelolaan sampah dengan pendekatan replikasi TTG Reaktor ganda plastik dan biomassa skala kabupaten.

Kondisi darurat sampah di Kabupaten Purbalingga dengan akan berakhirnya landfill di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Bedagas dan mulai diberlakukan peraturan menteri lingkungan hidup dan kehutanan Tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah (Kementerian Lingkungan Hidup dan

Kehutanan, 2019). Tim diberikan tugas merancang teknologi pada kapasitas 50-100 ton dan kelengkapan teknologi yang dibutuhkan sebagai alternatif pengelolaan sampah skala kabupaten.

4. FGD dengan Pemerintah Desa, Mitra Sasaran dan Masyarakat

Kegiatan *Focus Group Discussion* (FGD) dan workshop pembuatan kerajinan dari limbah plastik bertujuan untuk mengedukasi masyarakat mengenai pengelolaan sampah plastik dan memanfaatkan limbah menjadi produk minyak pirolisis dan biochar. Pada sesi FGD, peserta berdiskusi tentang dampak sampah plastik dan potensi pengolahannya dalam komunitas. Kegiatan FGD dengan semua stake holder di Balai Desa Panicen ditunjukkan Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. FGD penjelasan pelaksanaan penerapan teknologi dengan mengundang semua pihak terkait pengelolaan sampah.



Gambar 4. Pelatihan pembuatan kerajinan dari limbah plastik dan kertas.

5. Pelatihan Pemilahan Sampah dan Pemeliharaan Mesin Pemilah

Workshop pemilahan dan keterampilan operasi mesin pemilah helix bertujuan untuk meningkatkan kompetensi teknis para peserta dalam pengelolaan limbah melalui pemilahan yang efektif menggunakan teknologi mesin pemilah helix. Kegiatan pelatihan sistem operasi pada mesin pemilah helix dengan sistem starter ditunjukkan Gambar 5.



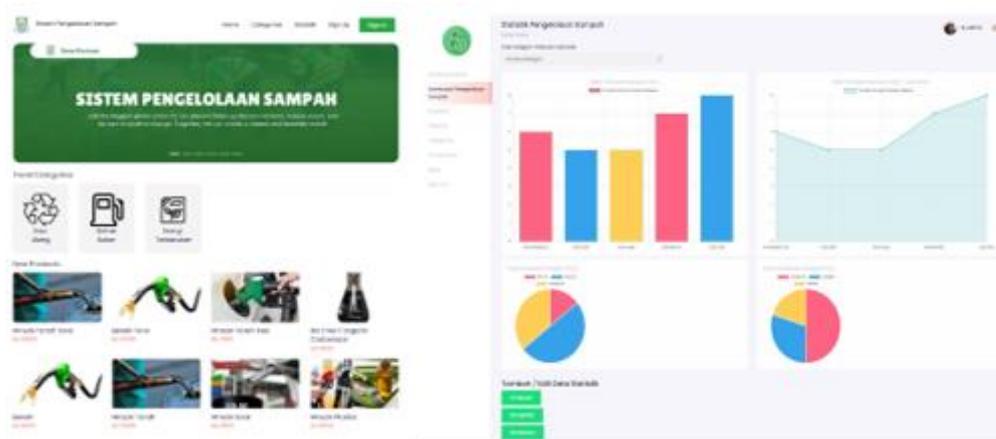
Gambar 5. Pelatihan pemilahan dan pemeliharaan mesin pemilah helix.

Tujuan utama dari workshop ini adalah (1) Meningkatkan pemahaman tentang mesin pemilah helix Peserta akan memperoleh pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja mesin pemilah helix, termasuk desain spiral atau helix yang membantu memisahkan material dengan akurasi tinggi. Pemahaman ini mencakup aspek teknis mengenai kontrol mekanisme helix, kecepatan rotasi, dan sudut kemiringan yang optimal untuk memaksimalkan efisiensi pemilahan (Sunyoto et al., 2023) (Sugiantoro et al., 2024). (2) Workshop ini bertujuan untuk melatih peserta dalam keterampilan praktis yang diperlukan untuk mengoperasikan mesin pemilah helix, termasuk prosedur keamanan dan perawatan rutin. Penguasaan keterampilan operasional dapat meningkatkan produktivitas dan memperpanjang umur mesin, serta mengurangi risiko kerusakan akibat kesalahan penggunaan. (3) Mengoptimalkan sistem pemilahan sampah berbasis mekanis dengan mesin pemilah helix dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia untuk pemilahan material, yang seringkali lambat dan tidak efisien (Kubota et al., 2020).

Mesin pemilah helix, yang dirancang untuk memilah berbagai jenis material berdasarkan karakteristik fisik seperti ukuran dan berat, menjadi komponen penting dalam rantai pengolahan limbah karena kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi pemrosesan dan mendukung pemilahan bahan yang lebih presisi sebelum masuk ke tahap pengolahan lanjutan seperti daur ulang atau pirolisis (Sugiantoro et al., 2022). Dengan workshop ini, diharapkan peserta dapat memahami bagaimana penggunaan mesin dapat membantu meningkatkan kapasitas dan kualitas pemilahan dalam pengelolaan limbah skala besar. Pemilahan yang efektif dengan mesin pemilah helix mengurangi kontaminasi pada material yang akan didaur ulang atau diproses lebih lanjut. Pengetahuan dan ketrampilan dalam pemilahan sangat penting untuk meningkatkan kualitas hasil akhir, baik untuk produk daur ulang maupun produk pirolisis, sekaligus mendukung keberlanjutan pengelolaan limbah dan meningkatkan kapasitas Unit dari hanya pengelolaan sampah plastik menuju pengelolaan sampah terpadu pada skala unit TPS3R.

6. Pembuatan Website Kinerja Pengelolaan Sampah

Website pengelola sampah dirancang untuk memfasilitasi transparansi, akuntabilitas, dan efisiensi dalam setiap tahap pengolahan sampah, mulai dari pengumpulan, pemilahan, hingga pemrosesan akhir. Tampilan website kinerja ditunjukkan Gambar 6.



Gambar 6. Website kinerja dan layanan online produk daur ulang

Tujuan pembuatan website pengelolaan sampah dengan fitur monitoring kinerja adalah untuk menyediakan platform terintegrasi yang memudahkan pengelolaan dan pemantauan aktivitas pengelolaan sampah secara real-time. Website yang diterapkan dilengkapi dengan fitur monitoring kinerja, pengelolaan sampah, data dapat digunakan untuk memantau kinerja operasional, memverifikasi efektivitas program, dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan atau peningkatan layanan (Kurniawan et al., 2022). Selain itu, platform ini memungkinkan pelacakan volume sampah yang diolah, pemakaian energi, emisi yang dihasilkan, dan kinerja alat pengolah sampah seperti incinerator atau reaktor pirolisis. Data disajikan dalam bentuk laporan visual, grafik, dan indikator performa yang mudah dipahami, mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data. Dengan demikian, website ini bertujuan untuk mendukung pengelolaan sampah yang lebih terukur, membantu dalam mencapai target lingkungan yang berkelanjutan, dan meningkatkan kesadaran publik terhadap pentingnya partisipasi dalam pengelolaan sampah terpadu.

Kabupaten Purbalingga menghadapi tantangan signifikan dalam pengelolaan sampah plastik dan organik akibat tingginya volume limbah perkotaan yang tidak tertangani dengan baik, kondisi TPA landfill sudah kritis dan akan penuh tahun 2025. Pengelolaan sampah desentralisasi per zona layanan desa dikembangkan untuk mereduksi sampah yang dibuang ke lokasi TPA. Salah satu desa yang diharapkan menjadi contoh pengelolaan sampah adalah di Desa Panican. Program pengabdian masyarakat melibatkan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Bangun Utomo dan Kelompok Tani Panca Taruna di Desa Panican, Kecamatan Kemangkon, diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan berkelanjutan bagi

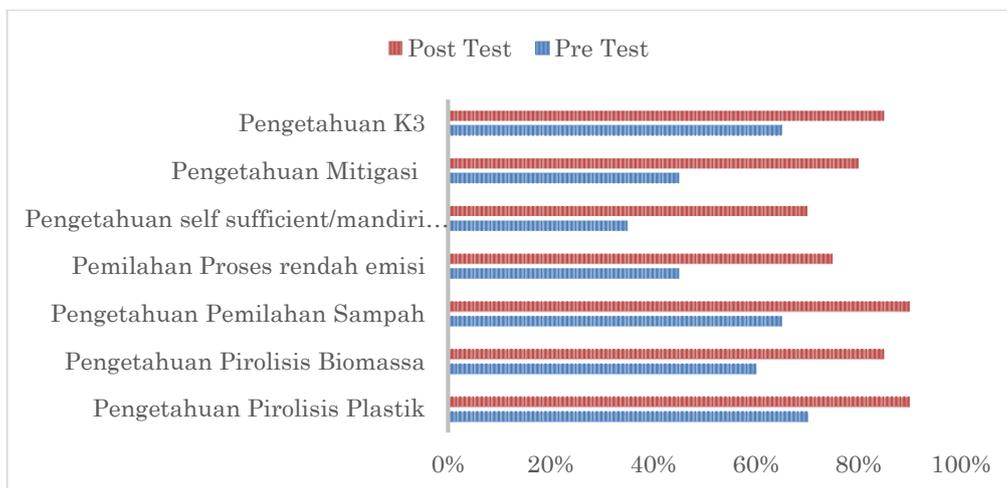
pengelolaan limbah, terutama plastik rendemen rendah yang sulit dikonversi menjadi minyak serta limbah organik dari kegiatan pertanian dan peternakan setempat. Pelaksanaan program berfokus pada tiga kegiatan utama: pirolisis plastik, pembuatan biochar dari limbah organik, dan pengembangan produk kerajinan dari sampah plastik dan kertas.

Pengelolaan Plastik dengan Pirolisis *Self-Sufficient* Teknologi pirolisis menjadi salah satu alternatif penting dalam pengolahan limbah plastik yang memiliki tingkat rendemen rendah untuk dikonversi menjadi minyak (King & Locock, 2022). Penggunaan reaktor ini memungkinkan gas hasil pirolisis digunakan kembali sebagai sumber energi, sehingga mengurangi ketergantungan pada sumber energi eksternal. Reaktor self-sufficient dapat menurunkan konsumsi energi hingga 30% dan meningkatkan efisiensi hingga 20%. KSM Bangun Utomo memproduksi 125 liter minyak per hari dari sampah plastik dengan rendemen yang lebih tinggi. Produksi ditingkatkan 30% dan konsumsi energi direduksi 20%. Pelatihan dan produksi biochar dan minyak pirolisis ditunjukkan gambar 7.



Gambar 7. Pelatihan dan produksi biochar dan minyak pirolisis

Pembuatan biochar dari limbah organik melalui pirolisis berfungsi sebagai penyubur tanah yang kaya akan karbon, yang berguna dalam meningkatkan kualitas lahan pertanian. Penggunaan biochar dapat meningkatkan retensi air dan unsur hara tanah hingga 40%, serta mampu mengurangi emisi karbon dioksida yang tersimpan dalam tanah, Penggunaan biochar diharapkan dapat meningkatkan hasil panen padi hingga 15% per musim tanam dengan siklus penanaman padi 2-3 kali per tahun, yang akan dijadikan agenda pada proses pendampingan dan keberlanjutan. Penggunaan teknologi pirolisis *self-sufficient* dan biochar dari limbah organik memberikan pendekatan yang lebih efisien dan mendukung keberlanjutan lingkungan. limbah organik dikelola melalui teknik pengomposan tradisional yang membutuhkan waktu hingga 2 bulan untuk terurai (Putri et al., 2018). Peningkatan pengetahuan proses alih teknologi ditampilkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Hasil evaluasi alih teknologi

Dari analisis tersebut, diharapkan pengabdian masyarakat ini dapat memberikan dampak jangka panjang bagi keberlanjutan lingkungan dan ekonomi Desa Panican. Target terukur yang ditetapkan untuk setiap program diharapkan dapat tercapai dengan pendekatan teknologi yang mendukung prinsip keberlanjutan. Metode penerapan teknologi yang tepat dan terintegrasi sangat diperlukan. Kegiatan terintegrasi dengan mengembangkan sistem monitoring dan evaluasi yang efektif untuk mengukur kinerja produksi, penggunaan bahan baku, dan pencapaian target kelompok sehingga dapat meningkatkan akuntabilitas dan transparansi dalam kegiatan operasional. Membangun sistem manajemen berbasis digital yang sederhana dan terjangkau guna meningkatkan efisiensi dalam pencatatan, pengawasan, dan distribusi produk hasil pengolahan pirolisis dan kerajinan berbasis limbah. Pemberdayaan ekonomi berkelanjutan dan edukasi lingkungan kepada masyarakat tentang pentingnya pemilahan sampah, manfaat produk minyak pirolisis dan biochar, serta dampak positif dari pengurangan limbah plastik dan organik di lingkungan sekitar dan memperkuat kesadaran lingkungan masyarakat dalam menjaga kebersihan lingkungan dan meningkatkan keterlibatan aktif masyarakat dalam kegiatan pengelolaan sampah dan konservasi tanah secara mandiri.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Penerapan teknologi pirolisis *self-sufficient* dalam kegiatan pengabdian ini terbukti efektif dalam mengurangi volume sampah plastik dan menghasilkan produk sampingan berupa minyak yang memiliki nilai ekonomi. Diversifikasi produk daur ulang dari minyak produk pirolisis menghasilkan produk biochar dan pupuk dengan berat bervariasi. Peningkatan nilai ekonomi mencapai 30%. Pengetahuan SDM rerata meningkat 30-40 % terutama pada pengetahuan pemilahan dan pirolisis. Selain itu, konversi limbah organik menjadi biochar berfungsi meningkatkan

kesuburan tanah dan menjaga kualitas lahan pertanian mendukung produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Pengurangan sampah dapat ditingkatkan dari pengolahan pirolisis dengan bahan baku plastik, menjadi pengelolaan sampah plastik dan organik untuk meningkatkan produk daur ulang berupa minyak pirolisis dan biochar. Kluster pengelolaan sampah meningkat dari pengolahan plastik menjadi pengelolaan sampah terpadu. Program ini berhasil meningkatkan kapasitas mitra, baik KSM Bangun Utomo maupun Kelompok Tani Panca Taruna, terutama dalam aspek teknis pengelolaan sampah dan pemanfaatan limbah organik. Dengan pengetahuan dan keterampilan yang lebih baik, kedua kelompok dapat menjalankan proses produksi lebih efisien untuk keberlanjutan pengolahan sampah.

Agar program ini berjalan secara optimal dan berkelanjutan, disarankan untuk mengadakan pelatihan lanjutan yang lebih mendalam, terutama mengenai manajemen produksi dan pemasaran produk. Hal ini akan membantu mitra dalam mengelola hasil produksi secara efektif dan meningkatkan daya saing produk di pasar. Pada tahapan selanjutnya perlu peningkatan kerjasama untuk mengembangkan dan menguji teknologi pirolisis serta biochar yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Kolaborasi antar lembaga peneliti/perguruan tinggi dan pemerintah melalui Badan Penelitian dan Pengembangan Daerah (BALITBANGDA) dan Dinas Lingkungan Hidup, sehingga dapat membuka akses terhadap inovasi terbaru dalam pengelolaan limbah dan pemanfaatan biochar sebagai upaya menjaga produktivitas dan kelestarian lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim Pelaksana Pengabdian mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia melalui pendanaan Program Kosabangsa, Tim Pendamping Universitas Negeri Semarang (UNNES), Civitas Akademik STT Wiworotomo Purwokerto atas fasilitasi proses fabrikasi dan Pemerintah Desa Panican, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Purbalingga, sehingga kegiatan terlaksana dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Aditya, H. F., Wijayanti, F., Kusuma, R. M., & Lestari, S. R. (2023). Penerapan Sistem Pertanian Organik Pada Komoditas Dalam Menghadapi Lahan Kritis Di Kelompok Tani Sumber Makmur Abadi Pasuruan Jawa Timur. *Batara Wisnu*, 3(2), 287–295. <https://doi.org/10.53363/bw.v3i2.181>
- Andani, M., Yurni Suasti, & Ahyuni. (2019). Dampak Banjir Terhadap Pendapatan Petani Padi di Pinngi Danau Singkarak Nagari Paninggahan Kecamatan Junjung Sirih Kabupaten Solok. *Jurnal Buana*, 3(1), 45–52.
- Badan Nasional Penanggulangan Bencana. (2020). *Indeks Risiko Bencana Indonesia Badan Nasional Penanggulangan Bencana*. <https://Inarisk.Bnpb.Go.Id>.
- BPS Kabupaten Purbalingga. (2023). *Data Demografi, Pendidikan dan Produk Desa*

- di Kecamatan Kemangkon.
- BPS Provinsi Jawa Tengah. (2023). *Data Kabupaten Miskin Jawa Tengah Tahun 2023*. [https://Jateng.Bps.Go.Id](https://jateng.bps.go.id).
- Firman, L. O. M., Panji, A., & Pratama, S. (n.d.). *Pemanfaatan Gas Buang (Syngas) Pada Proses Pirolisis Plastik Berkapasitas 10 kg*. 14(1), 7–15.
- Hanifah, M., & Putri, N. E. (2022). Dampak Banjir pada Lahan Sawah terhadap Pendapatan Usahatani Padi di Desa Ibul Besar I Kecamatan Pemulutan Kabupaten Ogan Ilir. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 6051(3), 562–571.
- International Biochar Initiative. (2015). Standardized Product Definition and Product Testing Guidelines for Biochar That Is Used in Soil. *International Biochar Initiative, November 2015*, 1–17.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2019). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.75/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 tentang Peta Jalan Pengurangan Sampah Oleh Produsen*. 53(9), 1689–1699.
- King, S., & Locock, K. E. S. (2022). A Circular Economy Framework For Plastics: A Semi-Systematic Review. *Journal of Cleaner Production*, 364(May), 132503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132503>
- Kubota, R., Horita, M., & Tasaki, T. (2020). Integration of community-based waste bank programs with the municipal solid-waste-management policy in Makassar, Indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 928–937. <https://doi.org/10.1007/s10163-020-00969-9>
- Kurniawan, T. A., Dzarfan Othman, M. H., Hwang, G. H., & Gikas, P. (2022). Unlocking digital technologies for waste recycling in Industry 4.0 era: A transformation towards a digitalization-based circular economy in Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, 357, 131911. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.131911>
- Mukhtar, A., Musantono, A. E., & Mulyadi, A. (2024). Peningkatan Produksi Kompos Dengan Mesin Pencacah Sampah Organik Di Desa Badean Kecamatan Blimbingsari. *DULANG Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 237–242. <https://doi.org/https://doi.org/10.33504/dulang.v4i02.399>
- Mutolib, A., Rahmat, A., Triwisesa, E., Hidayat, H., Hariadi, H., Kurniawan, K., Sutiharni, & Sukamto. (2023). Biochar from agricultural waste for soil amendment candidate under different pyrolysis temperatures. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 8(2), 243–258. <https://doi.org/10.17509/ijost.v8i2.55193>
- Prasetyo, Y., Hidayat, B., & Bintang, S. (2020). Karakteristik Kimia Biochar Dari Beberapa Biomassa Dan Metode Pirolisis. *Agrium*, 23(1), 17–21.
- Putri, A. R., Fujimori, T., & Takaoka, M. (2018). Plastic waste management in Jakarta, Indonesia: evaluation of material flow and recycling scheme. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20, 2140–2149.
- Romianingsih, N. P. W. (2023). Waste to energy in Indonesia: opportunities and challenges. *Journal of Sustainability, Society, and Eco-Welfare*, 1(1), 60–69. <https://doi.org/10.61511/jssew.v1i1.2023.180>
- Salim, M., & Agustina, S. (2018). Partisipasi Kelompok Tani dalam Usaha Konservasi Tanah di Desa Sukaraja Kecamatan Praya Timur Kabupaten Lombok Tengah. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 2(1), 46. <https://doi.org/10.29408/geodika.v2i1.875>
- Sartohadi, J., Pulungan, N. A. H. J., Sugiantoro, B., Sugiarto, T., & Sutisna, U. (2024). *Surat Pencatatan Ciptaan (HAKI) Reaktor Ganda Proses Pirolisis Plastik dan Biomassa Kapasitas 4 Ton/Proses Self-Sufficient* (Patent No. 000637329).
- Sugiantoro, B., Martuti, N. K. T., Praharto, Y., Sutisna, U., Supriyana, N., Widowati, W., & Sunyoto, S. (2024). Penerapan Teknologi Pemilah Sampah Helix

- Bersusun Untuk Optimasi Daur Ulang dan Komersialisasi Produk Ecoprint Berbasis Pewarna Alami. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 8(1), 8–12.
- Sugiantoro, B., Supriyana, N., & Sutisna, U. (2022). Penerapan Mesin Pemilah Sampah Untuk Optimasi Bahan Baku Refuse Derived Fuel (RDF) dan Produk Turunan Maggot Di Tps 3R Bumdes Berkah Maju Bersama, Banyumas. *Budimas*, 04(02), 1–11.
- Sugiarto, T., Sartohadi, J., Praharto, Y., Ngadisih, Hidayati, N., & Pulungan, N. A. H. J. (2024). *Penerapan Tata Letak Tanaman Dan Reaktor Pirolisis Biomassa Konversi Menjadi Biochar Berbahan Baku Sampah Perkotaan*. 6(3), 1–14.
- Sunyoto, Martuti, N. K. T., Widowati, & Sugiantoro, B. (2023). *Teknologi Pengelolaan Sampah Berbasis Zero Waste Skala Tempat Pengolahan Sampah Terpadu (TPST) Kapasitas 10 Ton/Hari* (Patent No. 000473275).
- Tuti Supatminingsih. (2022). Peranan Sumber Daya Manusia dalam Mewujudkan Pertanian Indonesia yang Unggul. *Journal of Economic Education and Entrepreneurship Studies*, 3(1), 241–252. <https://doi.org/10.26858/je3s.v3i1.101>