

OPTIMALISASI PENGELOLAAN SAMPAH PLASTIK MELALUI TEKNOLOGI MESIN PIROLISIS SEBAGAI SUMBER BAHAN BAKAR ALTERNATIF

**Almer Rasyid^{1*}, Arya Dewangga², Antonio Dwi Arizona², Anma Santyka³, dan
Antonius Dwi Saputro⁴**

¹Program Studi Ilmu Administrasi Bisnis, Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng 62-64, Kota Malang, Jawa timur, 65146

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng 62-64, Kota Malang, Jawa timur, 65146

³Program Studi Ilmu Administrasi Publik, Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng 62-64, Kota Malang, Jawa timur, 65146

⁴Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang
Jalan Terusan Dieng 62-64, Kota Malang, Jawa timur, 65146

***Email korespondensi:** almer.rasyid@unmer.ac.id

Received: 27 05 2026 – Revised: 29 06 2026 - Accepted: 07 07 2026 - Published: 01 08 2026

Abstrak. Permasalahan sampah plastik di Dusun Ngingrim, Desa Pandanrejo, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, menjadi tantangan lingkungan yang memerlukan solusi inovatif dan berkelanjutan. Pengelolaan sampah yang masih terbatas pada pemilahan dan penimbunan menyebabkan penumpukan limbah serta potensi pencemaran lingkungan. Artikel ini bertujuan mengkaji implementasi teknologi mesin pirolisis sebagai alternatif pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar cair. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, perancangan dan pembuatan mesin pirolisis, uji coba produksi bahan bakar, serta sosialisasi dan pendampingan kepada masyarakat dan Karang Taruna. Proses pirolisis dilakukan melalui tahapan pemilahan plastik jenis Polypropylene (PP) dan Polyethylene (PE), pencucian, pengeringan, pencacahan, hingga pemanasan dalam reaktor tanpa oksigen pada suhu 200– 500°C. Hasil uji coba menunjukkan bahwa dari 1 kg sampah plastik dapat dihasilkan sekitar 500 ml bahan bakar cair yang mudah terbakar dan berpotensi sebagai energi alternatif. Selain keberhasilan teknis, program ini juga meningkatkan kesadaran dan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah berbasis teknologi. Dengan demikian, mesin pirolisis menjadi solusi strategis dalam mendukung pengelolaan sampah berkelanjutan sekaligus memperkuat ketahanan energi berbasis sumber daya lokal. Teknologi pirolisis yang diterapkan dalam program ini terbukti mampu mengolah berbagai jenis plastik rumah tangga menjadi energi yang dapat dimanfaatkan kembali oleh masyarakat setempat. Bahan bakar cair yang dihasilkan memiliki karakteristik yang serupa dengan minyak tanah dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari memasak hingga bahan bakar mesin sederhana. Program ini juga menghasilkan carbon black sebagai produk sampingan yang berpotensi digunakan sebagai briket atau bahan campuran konstruksi. Keberlanjutan program didukung melalui pembentukan kelompok pengelola berbasis Karang Taruna yang terlatih secara teknis dan manajerial. Ke depan, replikasi model ini di desa-desa lain di Kecamatan Wagir maupun wilayah sekitarnya diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih luas, baik dari sisi pengurangan volume sampah plastik maupun peningkatan kemandirian energi masyarakat pedesaan.

Kata kunci: sampah plastik, pirolisis, bahan bakar alternatif, pengelolaan sampah, pemberdayaan masyarakat

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah plastik telah menjadi isu krusial yang dihadapi oleh masyarakat global, termasuk Indonesia. Secara global, produksi plastik mencapai ratusan juta ton per tahun, dengan tingkat daur ulang yang masih sangat rendah, yaitu di bawah 15%, sehingga sebagian besar berakhir mencemari lingkungan, khususnya ekosistem laut (Geyer *et al.*, 2017). Ketidakmampuan dalam pengelolaan sampah plastik ini tidak hanya berdampak pada pencemaran lingkungan, tetapi juga menimbulkan beban ekonomi akibat meningkatnya biaya pengelolaan dan penimbunan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) (Jambeck *et al.*, 2015).

Di tingkat lokal, Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan sampah, terutama di wilayah desa seperti Pandanrejo dan Ngringin. Meskipun telah terdapat inisiatif pengelolaan sampah berbasis masyarakat, seperti penggunaan teknologi pembakaran sederhana (*rocket stove*), pengelolaan sampah plastik masih belum optimal dan berpotensi mencemari lingkungan jika tidak ditangani secara sistematis.

Salah satu solusi inovatif yang berkembang adalah teknologi pirolisis, yaitu proses dekomposisi termal tanpa oksigen yang mampu mengubah limbah plastik menjadi produk bernilai seperti minyak, gas, dan residu padat. Teknologi ini telah banyak dikaji dan terbukti mampu menghasilkan bahan bakar alternatif dengan karakteristik mendekati bahan bakar fosil (Panda *et al.*, 2010; Al-Salem *et al.*, 2017). Minyak hasil pirolisis (*pyrolysis oil*) memiliki potensi sebagai substitusi bahan bakar konvensional setelah melalui proses pemurnian, sehingga berkontribusi pada pengurangan ketergantungan energi fosil sekaligus mengurangi volume limbah plastik (Al-Salem *et al.*, 2017).

Namun demikian, implementasi teknologi ini di tingkat desa, termasuk di Kecamatan Wagir, masih menghadapi berbagai kendala, baik dari aspek teknis, ekonomis, maupun kelembagaan. Oleh karena itu, kajian mengenai potensi penerapan teknologi pirolisis di Desa Ngringin menjadi penting untuk dilakukan, guna mendorong pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan serta mendukung ketahanan energi berbasis sumber daya lokal.

MASALAH

Permasalahan sampah plastik telah menjadi isu krusial yang dihadapi oleh masyarakat global, tak terkecuali Indonesia. Data mengungkapkan bahwa secara global, produksi sampah plastik mencapai angka yang mencengangkan, yaitu sekitar 280 juta ton per tahun, dan diperkirakan hanya sekitar 10% yang berhasil didaur ulang. Ketidakmampuan mengelola sampah plastik ini berujung pada pencemaran lingkungan, khususnya lautan, serta menimbulkan beban sosial dan ekonomi akibat biaya pengangkutan dan penimbunan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang semakin membengkak. Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, sebagai salah satu wilayah penyangga Kota Malang, turut menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan sampah. Beberapa desa di Kecamatan Wagir, seperti Desa Pandanrejo, telah menunjukkan kepedulian terhadap isu lingkungan dengan berbagai inisiatif pengelolaan sampah. Sementara itu, di Tempat Pengolahan Sampah (TPS) Satu Aksi, Desa Pandanrejo, Kecamatan Wagir, telah diimplementasikan teknologi *rocket stove* untuk pengelolaan sampah plastik yang menghasilkan pembakaran lebih bersih dan minim asap. Kegiatan pengabdian masyarakat oleh Universitas Merdeka Malang ini membuktikan bahwa permasalahan sampah di wilayah Wagir membutuhkan penanganan serius dan inovatif.

Permasalahan sampah plastik telah menjadi isu krusial yang dihadapi oleh masyarakat global, tak terkecuali Indonesia. Data mengungkapkan bahwa secara global, produksi sampah plastik mencapai angka yang mencengangkan, yaitu sekitar 280 juta ton per tahun, dan diperkirakan hanya sekitar 10% yang berhasil didaur ulang. Ketidakmampuan mengelola sampah plastik ini berujung pada pencemaran lingkungan, khususnya lautan, serta menimbulkan beban sosial dan ekonomi akibat biaya pengangkutan dan penimbunan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) yang semakin membengkak. Kecamatan Wagir, Kabupaten Malang, sebagai salah satu wilayah penyangga Kota Malang, turut menghadapi tantangan serupa dalam pengelolaan sampah. Beberapa desa di Kecamatan Wagir, seperti Desa Pandanrejo, telah menunjukkan kepedulian terhadap isu lingkungan dengan berbagai inisiatif pengelolaan sampah. Sementara itu, di Tempat Pengolahan Sampah (TPS) Satu Aksi, Desa Pandanrejo, Kecamatan Wagir, telah diimplementasikan teknologi *rocket stove* untuk pengelolaan sampah plastik yang menghasilkan pembakaran lebih bersih dan minim asap. Kegiatan

pengabdian masyarakat oleh Universitas Merdeka Malang ini membuktikan bahwa permasalahan sampah di wilayah Wagir membutuhkan penanganan serius dan inovatif.

METODE PELAKSANAAN

Hasil studi lapangan dan wawancara digunakan sebagai bahan tindak lanjut pengkajian terhadap masalah yang dimiliki Dusun Ngingrim RW 3, Kelurahan Pandanrejo Kecamatan Wagir, Kab. Malang. Berdasarkan hasil kajian masalah, maka yang menjadi prioritas masalah utamanya adalah bagaimana cara pengelolaan sampah plastic menjadi suatu barang yang menjadi bahan efensiensi seperti bahan bakar yang melalui alat mesin pirolisis. Dalam pelaksanaan program pengabdian ini melibatkan kerjasama dengan Kelompok Karang Taruna yang ada di RW 3 yang beranggotakan 30 orang. Fasilitas yang disiapkan untuk kegiatan pengabdian ini yaitu:

1. Desain *landscape* Alat Mesin Pirolisis
2. Fasilitas *Trash Back*
3. Fasilitas Modul

Setelah melakukan studi lapangan dan pengkajian masalah, kegiatan pertama yang dirancang yaitu membuat desain landscape Alat Mesin Pirolisis dimana mesin pirolisis menjadi fokus utama dalam mencapai tujuan kegiatan pengabdian ini. Pembuatan desain landscape taman jahe merah menggunakan aplikasi Sketch up. Pembuatan desain landscape ini bertujuan untuk memudahkan perancangan revitalisasi alat mesin pirolisis sehingga mampu mengidentifikasi unsur apa saja yang perlu diperbaiki. Tidak hanya desain landscape alat mesin pirolisis, desain tabung reactor, oiltrap, dan kondensor pun juga dibuat untuk merancang model tabung besi seperti apa yang diperlukan. Tabung besi bersusun yang awalnya di desain menggunakan aplikasi Sketch Up dibuat untuk fasilitas mesin pirolisis memiliki spesifikasi ukuran panjang 2 meter, lebar 60 centimeter, dan tinggi 90 centimeter dan dicat warna hitam. Jumlah Tabung yang dibutuhkan dalam kegiatan pengabdian ini yaitu sebanyak 3 tabung. Proses pembuatan mesin pirolisis ini diawali dengan berbincang dengan ahlinya yaitu tukang las. Pembuatan mesin pirolisis ini dibantu oleh tukang las yang berpengalaman.

Setelah itu, hal yang dilakukan adalah melakukan proses pemilahan sampah, kita melakukan pemilahan sampah di TPA desa pandanrejo, setelah itu kita memilah sampah antara PE dan PP, lalu kita melakukan pencuncian sampah, mengapa? Agar kotoran yang

terdapat dalam sampah tidak mengendap di dalam mesin yang mermbuat bahan bakarnya mernjadi keruh, setelah di akukannya pencucian sampah, sampah dipotong menjadi kecil-kecil agar selama pembakaran tidak memakan waktu lebih lama. Proses penyulingan ini ditunjukkan pada Gambar 4.

Untuk mencapai target sasaran, metode yang dilakukan dalam program pengabdian ini sebagai berikut:

1. Kegiatan sosialisasi dilaksanakan sebagai tahap awal untuk melakukan observasi serta berdiskusi dengan masyarakat setempat dan anggota karang taruna. Tujuan kegiatan ini adalah mengidentifikasi permasalahan yang ada di lingkungan masyarakat sekaligus meminta izin kepada warga terkait pelaksanaan program pengabdian masyarakat. Pada tahap awal, kegiatan diawali dengan arahan dari Ketua RW 03 Dusun Ngingrim kepada tim pelaksana program pengabdian masyarakat mengenai rencana kegiatan penyulingan sampah plastik menjadi bahan bakar dengan memanfaatkan mesin pirolisis.
2. Pendampingan; Kegiatan pendampingan dilakukan untuk melaksanakan pengabdian pada masyarakat dalam rangka penyulingan sampah menjadi bahan bakar melalui mesin pirolisis di Dusun Ngingrim. Mesin pirolisis dilakukan untuk mengatasi masalah yang ada di lokasi pengabdian. Selain pendampingan diatas, ada juga pendampingan dalam pemilahan sampah plastic di TPA Desa Pandanrejo.

Tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan program pengabdian masyarakat di lapangan sebagai berikut:

1. Survey; Pada tanggal 11 Desember 2025. Sebelum melaksanakan kegiatan, dibutuhkan adanya survey lokasi untuk mengetahui kondisi lapangan dan masalah apa yang sedang dihadapi oleh masyarakat setempat. Survey lapangan bertujuan untuk menggali informasi yang ada, guna dijadikan sumber penyusunan perencanaan program penyulingan sampah menjadi bahan bakarsebagai solusi yang diberikan guna menyelesaikan masalah yang ada.
2. Perencanaan Program dilaksanakan pada tanggal 20 Desember 2025. Tahap ini menjadi langkah penting karena bertujuan untuk merancang serta menentukan lokasi yang akan digunakan dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di RW 03 Dusun Ngingrim. Melalui proses perencanaan dan penyusunan desain

tersebut, berbagai kebutuhan yang diperlukan dalam program penyulingan sampah menjadi bahan bakar dengan memanfaatkan mesin pirolisis dapat diidentifikasi.

- a. Tahap paling awal dan paling krusial dalam proses ini adalah pemilahan sampah, yang bertujuan untuk memastikan bahwa hanya material yang tepat yang masuk ke dalam reaktor. Sampah plastik dikumpulkan dari berbagai sumber, kemudian dipilah secara manual atau dengan bantuan mesin separator untuk memisahkan plastik dari sampah organik, logam, kaca, karet, dan material lainnya. Fokus utama adalah pada jenis plastik yang memiliki rantai karbon panjang seperti Polyethylene (PE), Polypropylene (PP), yang umum ditemukan pada kemasan, botol, dan plastik pembungkus, karena ketiganya sangat efektif untuk dikonversi menjadi minyak. Sementara itu, plastik jenis Polyvinyl Chloride (PVC) dan Polyethylene Terephthalate (PET) harus disingkirkan karena kandungan klorin dan oksigennya dapat menghasilkan gas beracun seperti hidrogen klorida serta merusak komponen mesin.
- b. Setelah proses pemilahan selesai, plastik yang telah terpilih harus dibersihkan dari sisa-sisa makanan, minyak, tanah, dan kotoran lain yang menempel melalui proses pencucian menggunakan air. Plastik yang kotor jika langsung diproses akan menghasilkan bahan bakar dengan kualitas rendah serta menghasilkan residu yang berlebihan. Setelah dicuci, plastik dijemur atau dimasukkan ke dalam mesin pengering untuk menghilangkan kadar air, karena kelembaban yang tinggi dapat mengganggu stabilitas suhu di dalam reaktor dan memperlambat proses pemanasan. Tahap berikutnya adalah pencacahan, di mana plastik bersih dan kering dimasukkan ke dalam mesin pencacah untuk dihancurkan menjadi serpihan kecil berukuran sekitar 1 hingga 3 sentimeter, yang bertujuan untuk memperluas permukaan material sehingga proses perengkahan termal dapat berlangsung lebih cepat dan merata saat dipanaskan nanti.
- c. Serpihan plastik yang telah siap olah kemudian dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis, yaitu sebuah bejana tertutup berbahan baja tebal yang dirancang tahan terhadap tekanan dan suhu tinggi. Reaktor diisi hingga kapasitas optimal, lalu ditutup rapat secara kedap udara untuk memastikan tidak ada



oksigen yang masuk ke dalam sistem, karena keberadaan oksigen justru akan memicu reaksi pembakaran yang menghasilkan karbon dioksida dan abu, bukan uap hidrokarbon yang diinginkan. Selanjutnya, api dinyalakan di bagian bawah reaktor menggunakan bahan bakar gas LPG, kayu, atau memanfaatkan gas sintetis hasil proses itu sendiri; pemanasan awal ini bertujuan untuk menaikkan suhu secara bertahap hingga mencapai titik reaksi yang dibutuhkan.

- d. Seiring waktu, suhu di dalam reaktor terus dinaikkan hingga mencapai rentang operasi ideal antara 250°C hingga 420°C, tergantung pada jenis plastik yang diolah. Pada kondisi tanpa oksigen dan suhu tinggi ini, rantai polimer panjang yang menyusun plastik mulai terputus-putus menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek melalui mekanisme yang disebut perengkahan termal. Plastik yang semula berwujud padat berubah fase menjadi gas panas yang keluar dari reaktor melalui pipa penyalur; pada tahap ini, material berat seperti karbon dan abu akan tertinggal di dasar reaktor sebagai residu padat yang nantinya akan dikeluarkan setelah proses selesai.
- e. Selama proses pirolisis berlangsung, material anorganik yang tidak dapat menguap akan mengendap di dalam reaktor. Setelah proses pemanasan selesai dan reaktor didinginkan, residu padat yang dikenal sebagai carbon black atau arang karbon ini dikeluarkan. Material ini bukanlah limbah yang sia-sia, karena masih memiliki nilai ekonomi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar padat alternatif (mirip briket), bahan campuran aspal, kompon karet, atau sebagai pigmen hitam untuk industri tinta dan cat. Dengan adanya pemanfaatan residu ini, proses pirolisis menjadi hampir nol limbah karena hampir semua komponen sampah dapat dikonversi menjadi produk bernilai.
- f. Gas panas yang keluar dari reaktor selanjutnya dialirkan menuju sistem kondensasi. Sebelum masuk ke kondensor, gas tersebut biasanya melewati tangki pemisah atau scrubber sederhana untuk menyaring partikel padat yang mungkin masih terbawa. Inti dari proses ini terjadi di dalam kondensor, yaitu sebuah rangkaian pipa berpendingin yang dialiri air secara terus-menerus. Ketika uap hidrokarbon panas bersentuhan dengan dinding pipa yang dingin, suhunya turun drastis sehingga terjadi perubahan wujud dari gas menjadi

cair. Cairan ini kemudian menetes dan dikumpulkan dalam tangki penampungan sebagai minyak pirolisis mentah, yang berwarna coklat kehitaman dan memiliki bau mirip solar atau minyak tanah.

4. Evaluasi: dilaksanakan pada tanggal 1–17 Februari 2026. Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat yang telah dilakukan serta mengidentifikasi berbagai aspek yang masih perlu diperbaiki. Proses evaluasi memiliki peran penting karena menjadi dasar dalam menilai tingkat keberhasilan program sekaligus mengetahui kelebihan dan kekurangan yang muncul selama kegiatan berlangsung. Berbagai kendala atau kekurangan yang ditemukan dalam pelaksanaan program kemudian akan dianalisis lebih lanjut dan dijadikan bahan tindak lanjut untuk perbaikan pada kegiatan selanjutnya.

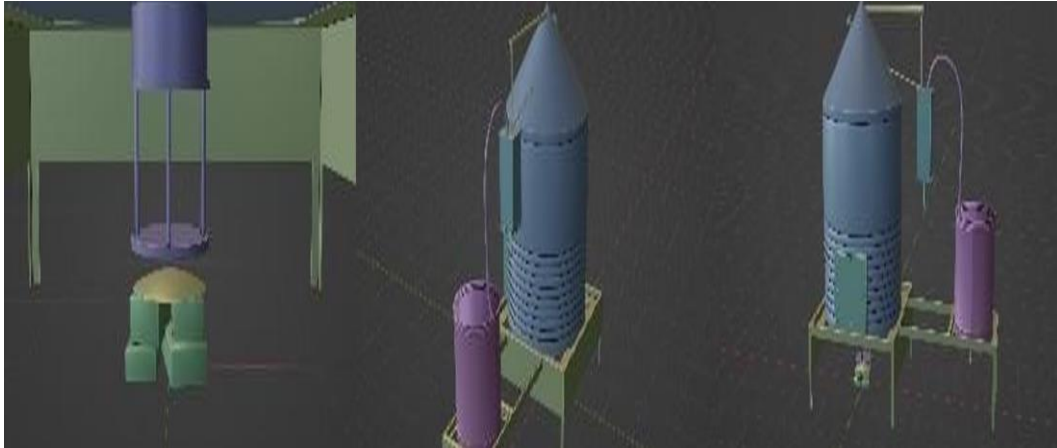
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil survey lokasi didapati masalah yang dihadapi oleh Dusun Ngingrim , Desa Pandanrejo adalah banyaknya sampah plastik yang tidak terkelola dengan baik. Kondisi lainnya yang menjadi masalah yaitu menggunungnya sampah rumah tangga yang banyak dan menumpuk, sebagaimana terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kondisi awal saat survey lokasi

Sebelum kegiatan pengumpulan dan pemilahan sampah dilaksanakan, terlebih dahulu dilakukan penyusunan desain sebagai langkah awal untuk mempermudah proses pelaksanaan program penyulingan sampah menjadi bahan bakar. Perancangan desain ini diperlukan untuk menentukan ukuran serta spesifikasi setiap bahan yang akan digunakan dalam pembuatan alat. Selain itu, desain tersebut juga berfungsi sebagai media untuk menggambarkan bentuk serta konsep kerja dari mesin pirolisis yang akan digunakan dalam kegiatan tersebut. Tata letak mesin pirolisis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain mesin pirolisis

Sebelum proses penyulingan sampah plastic menjadi bashan bakar, hal pertama yang perlu dilakukan yaitu Pemilahan sampah terlebih dahulu yang dilakukan di TPA Desan Pandanrejo, pemilahan sampah dilakukan untuk memaksimalkan kualitas bahan bakar yang dihasilkan, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemilahan Sampah

Trash Bag ukuran 80 x 100 cm sebanyak 50, proses diatas dilakukan karena *trash bag* merupakan media yang digunakan oleh Karang Taruna dan tim pengabdi untuk memilah dan memproses sampah yang nantinya akan diolah melalui penyulingan di mesin pirolisis. Penggunaan media *trash bag* ini bertujuan untuk memudahkan dalam pengambilan sampah dan harganya juga cukup terjangkau dan sangat praktis untuk digunakan.

Setelah dilakukan pemilahan sampah, sampah di cuci agar tidak meninggalkan endapanendapan jika sudah dimasukan kedalam mesin, dan setelah di cuci sampah di keringkan atau dijemur sampai kering, jika sampah tersebut sudang mongering, sampah

akan di potong lebih menjadi kecil-kecil agar mempermudah proses pembakaran.



Gambar 4. Proses penyulingan sampah

Setelah proses pemilahan sampah, sampah di pilah sesuai jenisnya (PP dan PE) untuk menghasilkan bahan bakar yang maksimal. Plastik yang telah dicacah kemudian dimasukkan ke dalam reaktor utama yang kedap udara untuk dipanaskan pada suhu tinggi, biasanya antara 200 hingga 500 derajat Celcius, tergantung jenis plastik dan desain mesin . Proses pemanasan tanpa oksigen ini menyebabkan plastik terurai menjadi molekul hidrokarbon dalam bentuk uap atau gas . Uap tersebut selanjutnya dialirkan melalui pipa menuju sistem kondensor yang didinginkan, biasanya dengan air bersirkulasi, sehingga uap berubah wujud menjadi cairan yang disebut sebagai minyak pirolisis atau bahan bakar mentah.

Setelah Mesin pirolisis menghasilkan bahan bakar yang melalui penyulingan sampah, Tim pengabdi mulai menyusun dan mengumpulkan data yang sudah dapatkan dari hasil program kerja mesin pirolisis seperti membuat modul yang akan diberikan kepada masyarakat pada saat melakukan sosialisasi yang memuat isi SOP dan tata cara dalam penggunaan mesin pirolisis.



Gambar 5. Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi kepada *masyarakat* ditunjukkan pada Gambar 5. Tim pengabdi menyampaikan manfaat mesin pirolisis terhadap masyarakat Pandanrejo yang terkhususnya di dusun Ngingrim, dalam kegiatan tersebut tim pengabdi menjelaskan dan menyampaikan cara pengerjaan dan penggunaan mesin pirolisis dari awal penyulingan sampah sampai menghasilkan bahan bakar yang dapat digunakan.

Program penyulingan sampah plastik menjadi bahan bakar melalui mesin pirolisis dilaksanakan melalui tahapan yang sistematis dan berbasis partisipasi masyarakat. Tahap awal dilakukan melalui koordinasi dengan pemerintah desa untuk memastikan kesesuaian program dengan kebutuhan lokal. Pendekatan partisipatif ini terbukti meningkatkan keberhasilan implementasi teknologi pengelolaan limbah di tingkat komunitas (Al-Salem *et al.*, 2017; Jambeck *et al.*, 2015). Selanjutnya, proses perancangan dan pembuatan mesin pirolisis dilakukan dengan melibatkan bengkel lokal, yang mencerminkan penerapan teknologi tepat guna berbasis sumber daya lokal (Panda *et al.*, 2010).

Pada tahap operasional, sampah plastik dikumpulkan, dipilah, dicuci, dan dikeringkan sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. Proses pirolisis dilakukan melalui pemanasan tanpa oksigen pada suhu tertentu untuk menghasilkan uap hidrokarbon yang kemudian dikondensasikan menjadi bahan bakar cair. Secara ilmiah, plastik jenis Polypropylene (PP) dan Polyethylene (PE) merupakan jenis yang paling umum dikonversi menjadi bahan bakar melalui proses ini karena memiliki kandungan hidrokarbon yang tinggi (Wong *et al.*, 2015; Miandad *et al.*, (2016). Penelitian menunjukkan bahwa proses pirolisis mampu menghasilkan yield minyak yang cukup tinggi, bahkan dapat mencapai lebih dari 50% dari massa awal tergantung kondisi suhu dan jenis plastik yang digunakan (Wong *et al.*, 2015; Miandad *et al.*, 2016).

Hasil uji coba program menunjukkan bahwa dari 1 kg sampah plastik dapat dihasilkan sekitar 500 ml bahan bakar cair yang memiliki karakteristik menyerupai minyak tanah atau solar. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa minyak hasil pirolisis memiliki sifat fisik dan kimia yang mendekati bahan bakar konvensional serta berpotensi sebagai energi alternatif (Demirbas, 2004; Al-Salem *et al.*, 2017). Selain itu, pemanfaatan limbah plastik menjadi bahan bakar juga berkontribusi dalam mengurangi beban pencemaran lingkungan dan volume sampah yang berakhir di TPA (Geyer *et al.*, 2017).

Keberhasilan program ini tidak hanya ditentukan oleh aspek teknologi, tetapi juga oleh keberhasilan transfer pengetahuan kepada masyarakat melalui penyusunan modul dan pelatihan operasional. Studi menunjukkan bahwa tingkat adopsi teknologi pengelolaan limbah sangat dipengaruhi oleh pemahaman masyarakat serta keterlibatan aktif dalam proses implementasi (Jambeck *et al.*, 2015; Miandad *et al.*, 2016). Dengan demikian, integrasi antara inovasi teknologi, edukasi masyarakat, dan dukungan kelembagaan

menjadi faktor kunci dalam mewujudkan pengelolaan sampah plastik yang berkelanjutan serta pengembangan energi alternatif berbasis sumber daya lokal.



Gambar 6. Bentuk akhir Mesin Pirolisis

Gambar 6 memperlihatkan bentuk akhir mesin pirolisis setelah proses pembuatan dan uji coba selesai. Selanjutnya, tim pengabdian melakukan sosialisasi kepada masyarakat umum dan anggota Karang Taruna. Sosialisasi ini bertujuan membangun kesadaran akan permasalahan sampah plastik serta memperkenalkan teknologi pirolisis sebagai solusi yang dapat dijalankan secara mandiri. Kegiatan dilaksanakan dengan pemaparan mengenai dampak negatif sampah plastik terhadap lingkungan dan kesehatan, pengenalan konsep dasar pirolisis melalui poster dan diagram sederhana, serta demonstrasi sampel bahan bakar hasil pirolisis. Antusiasme warga terlihat dari banyaknya pertanyaan terkait keamanan, biaya, dan jenis plastik yang dapat diolah.

Sosialisasi khusus untuk Karang Taruna dilakukan secara lebih teknis, karena mereka akan menjadi penggerak utama keberlanjutan program. Kegiatan diadakan di pendopo dekat basecamp Karang Taruna dengan suasana santai namun serius. Tim pengabdian menjelaskan mekanisme kerja mesin pirolisis secara rinci, mulai dari pencacahan plastik, pemanasan reaktor, hingga kondensasi. Para pemuda juga diberi kesempatan

mencoba mengoperasikan mesin secara langsung di bawah pengawasan, sehingga mereka memperoleh pengalaman praktis. Kegiatan ditutup dengan diskusi terbuka mengenai rencana tindak lanjut dan pembagian peran antara masyarakat, Karang Taruna, dan pemerintah desa, termasuk penentuan Karang Taruna sebagai tim utama pengelola program.

KESIMPULAN

Program penyulingan sampah plastik menjadi bahan bakar melalui mesin pirolisis di Dusun Ngingrim, Desa Pandanrejo, berhasil dilaksanakan mulai dari tahap perencanaan, pembuatan mesin, hingga uji coba. Mesin pirolisis yang dibuat mampu mengubah sampah plastik jenis PP dan PE menjadi bahan bakar cair dengan kualitas yang layak, sekitar 500 ml dari 1 kg sampah, yang memiliki sifat mudah terbakar. Proses ini membuktikan bahwa limbah plastik yang sebelumnya tidak bernilai dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif melalui teknologi pirolisis. Keberhasilan teknis ini didukung oleh pengawasan penuh tim pengabdian, penggunaan prototipe, serta pengumpulan dan pengolahan sampah yang tepat sebelum dimasukkan ke dalam reaktor. Selain aspek teknis, keberhasilan program juga ditentukan oleh penerimaan dan pemahaman masyarakat terhadap teknologi yang diperkenalkan. Melalui kegiatan sosialisasi dan pelatihan, khususnya kepada Karang Taruna, masyarakat mendapatkan pengetahuan praktis mengenai pengoperasian mesin pirolisis dan pengelolaan sampah plastik. Antusiasme warga terlihat dari partisipasi aktif dalam diskusi dan uji coba bahan bakar. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dan pemberdayaan masyarakat menjadi kunci utama keberlanjutan program, sehingga mesin pirolisis tidak hanya menjadi inovasi teknis tetapi juga solusi nyata bagi pengelolaan sampah di desa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LPPM Unmer Malang, Ketua RW 02, Ketua RT 010 dan 011 Dusun Ngingrim, Dan Karang Taruna Dusun Ngingrim yang telah mendukung terlaksananya kegiatan pengabdian masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Salem, S. M., Antelava, A., Constantinou, A., Manos, G., & Dutta, A. (2017). A review on thermal and catalytic pyrolysis of plastic solid waste. *Journal of Environmental Management*, 197, 177–198. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.03.084>
- Demirbas, A. (2004). Pyrolysis of municipal plastic wastes for recovery of gasoline-range hydrocarbons. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 72(1), 97–102. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2004.03.001>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Miandad, R., Barakat, M. A., Aburizaiza, A. S., Rehan, M., & Nizami, A. S. (2016). Catalytic pyrolysis of plastic waste: A review. *Process Safety and Environmental Protection*, 102, 822–838. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.06.022>
- Panda, A. K., Singh, R. K., & Mishra, D. K. (2010). Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: A suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products—A world perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(1), 233–248. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.07.005>
- Wong, S. L., Ngadi, N., Abdullah, T. A. T., & Inuwa, I. M. (2015). Current state and future prospects of plastic waste as source of fuel: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1167–1180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.063>

