

DEGRADASI SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR MINYAK ALTERNATIF SEBAGAI PERWUJUDAN LINGKUNGAN YANG BERSIH

Adriana Anteng Anggorowati^{1*}, Andrew Joewono², Dyna Rachmawati³, Lourentius Suratno⁴, Sandy Budi Hartono⁵, Ery Susiany Retnoningtyas⁶, Hartono Pranjoto⁷, Adi Candra⁸

^{1,2,4,8}Prodi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

³Prodi Akuntansi, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁵Prodi Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁶Prodi Magister Teknik Kimia, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁷Prodi Teknik Elektro, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, Surabaya, Indonesia

email: *adrianaanteng@ukwms.ac.id

ABSTRAK

Reka cipta inovasi untuk mengurangi tumpukan sampah plastik ini bertujuan untuk mewujudkan *Bonum Commune* (kebaikan bersama), menjadikan masyarakat sejahtera dan sehat karena lingkungan hidupnya bersih dan sehat tidak terpolusi oleh sampah plastik. Mitra dari reka cipta ini adalah PERBANUSA DPD I Jatim. Inovasinya adalah membuat mesin pirolisis sebagai pendestruksi sampah plastik. Mesin ini memiliki keunggulan yaitu menghasilkan 3 (tiga) bahan bakar minyak alternatif: solar, minyak tanah dan premium alternatif. Pada proses degradasi plastik secara pirolisis ini, gas yang *condensable* dapat dikondensasikan dan akhirnya menetes, ditampung sebagai bahan bakar minyak alternatif. Sedangkan gas yang *uncondensable* keluar melalui cerobong. Masyarakat sebagai pengguna manfaat sangat merasakan kegunaan mesin pirolisis karena sampah plastik yang selama ini *non-biodegradable* dapat dikonversi menjadi bahan bakar minyak alternatif.

Kata kunci: pirolisis, sampah, plastik

ABSTRACT

This innovation to reduce the pile of plastic waste aims to realize the Bonum Commune, make society prosperous and healthy because the living environment is clean and healthy, not polluted by plastic waste. The partner of this creation is PERBANUSA DPD I Jatim. The innovation is to make a pyrolysis machine to destroy plastic waste. This machine has the advantage of producing 3 (three) alternative fuel oils: alternative diesel, alternative kerosene and alternative premium. In this pyrolysis plastic degradation process, the condensable gas can be condensed and finally dripped, collected as an alternative fuel oil. Meanwhile, uncondensable gas comes out through the chimney. The community as the beneficial user really feels the usefulness of the pyrolysis machine because plastic waste which is non-biodegradable can be converted into alternative fuel oil.

Keywords: pyrolysis, waste, plastic

PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan masyarakat apabila tidak dikelola dengan baik dan tepat. Negara-negara di dunia sedang berjuang untuk mengelola volume

sampah plastik dan polusi plastik yang ada di mana-mana (S. Kaza, L. C. Yao, *et al.* 2018). Mulai dari kutub hingga cekungan laut dalam, ekosistem laut dan air tawar mengakumulasi sampah plastik dunia (L. C. Woodall, *et al.*, 2015). Kendala pengelolaan sampah antara lain karena timbulan sampah semakin membesar, keterbatasan pelayanan pengelola sampah, dan belum terbangunnya kemitraan yang sinergi antara pihak pengelola sampah dengan masyarakat.



Gambar 1. Tumpukan sampah plastik “kresek”

Pada Gambar-1 nampak tumpukan sampah plastik yang perlu dikelola, didegradasi sedemikian rupa sehingga tidak memberikan dampak yang negatif bagi manusia dan lingkungan. Selain plastiknya, bahan kimia campuran untuk pembuatan plastik juga berbahaya jika jumlah penggunaannya tidak terkontrol. Plastik merupakan bahan baku suatu produk dan dapat dipergunakan sebagai pengemas suatu produk yang sering dipergunakan sehari-hari. Plastik termasuk polimer sintesis, yang secara fisik cukup kuat. Jika dibakar, plastik akan menghasilkan emisi karbon yang mencemari lingkungan (Gironi dan Piemonte 2011). Plastik mempunyai kelemahan misalnya tidak tahan terhadap panas dan dapat menyebabkan kontaminasi melalui transmisi monomernya ke dalam produk yang dikemasnya (Coniwanti *et al.*, 2014). Polietilena (PE) bahannya bersifat *low density polyethylene* (LDPE) jenis ini merupakan jenis plastik yang paling banyak dipergunakan dalam kehidupan sehari-hari misalnya untuk kantong plastik (kresek). Plastik ini sifatnya sangat tahan terhadap mikroorganisme sehingga sulit untuk didegradasi/ dirusak oleh mikroorganisme sering disebut

plastik *non-biodegradable* yang mengakibatkan kerusakan lingkungan (Navid Taghavi, *et al.*, 2021) apabila jumlahnya semakin banyak dan hanya dibuang begitu saja, ditanam dalam tanah atau dibiarkan menggenangi di atas permukaan tanah. Menurut statistik Plastik-Eropa (2018), produksi plastik tahunan pada tahun 2017 melebihi 348 juta ton, dan diperkirakan pada tahun 2050, produksi plastik tahunan dapat meningkat hingga 33 miliar ton secara global (Cincinelli A, *et al.*, 2019). Ramos, *et al.*, 2015 melaporkan bahwa plastik polietilena (PE) yang berupa residu dalam tanah pertanian ditemukan kurang lebih 10% lahan pertanian. Produksi plastik yang meningkat dan tidak terkontrol dalam beberapa dekade terakhir mengakibatkan polusi yang cukup besar terhadap lingkungan. Sebagai akibatnya, limbah plastik meliputi limbah medis berupa jarum suntik plastik, infus plastik, sarung tangan plastik, dan kantong plastik, berkontribusi pada pencemaran lingkungan. Limbah plastik ini secara bertahap berubah menjadi residu yang semakin kecil, dan pada akhirnya berubah menjadi mikroplastik akibat proses fisik, kimia, dan biologi seperti radiasi ultraviolet (Muhammad Sajjad, *et al.*, 2022).

Di Provinsi Jawa Timur, komposisi jenis sampah plastik dari total timbulan pada tahun 2020 dan 2021 masing-masing sebesar 15,26% dan 14,1% (sipsn.menlhk.go.id/sipsn/; 23 Februari 2023). Titik lemah (*pain problem*) yang dihadapi adalah pengelolaan sampah plastik masih terbatas pada metode kumpul-angkut-buang (KAB) serta pembuangan sampah ke sungai atau lapangan. Atau pembuangan sampah yang dibakar di tempat-tempat pembuangan sampah. Bahkan operasional beberapa tempat pengolahan sampah terpadu (TPST) dan tempat penampungan sementara *reduce, reuse, recycle* (TPS3R) masih belum optimal. Saat ini, Perbanusa (Perkumpulan Pengelola Sampah dan Bank Sampah Nusantara) DPD I Jawa Timur sebagai mitra telah mengelola sampah bersama dengan para anggotanya masih belum mengolah sampah plastik dengan maksimal. Pengolahannya masih sebatas memilah sampah plastik botol dan kemasan makanan PET yang nantinya dijual ke pengepul plastik. Belum ada pengolahan sampah plastik lainnya yang sulit didegradasi oleh mikroorganisme seperti kantong plastik, tas kresek, dan sebagainya. Selain itu, mitra juga belum memberdayakan masyarakat untuk ikut serta dalam pengelolaan sampah ini. Masalah pengelolaan sampah ini sudah berlangsung sejak tahun 2018, pengurangan residu sampah plastik masih belum dapat berkurang secara optimal. Berdasarkan permasalahan ini maka dengan adanya program dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi - Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi yaitu *Matching Fund* Kedaireka (Mendikbudristek RI, 2023) maka insan Perguruan Tinggi Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya bermitra dengan PERBANUSA (Perkumpulan Pengelola Sampah dan Bank Sampah Nusantara) DPD I Jawa Timur terpenggil

untuk membantu mempercepat pengurangan penumpukan plastik. Pihak Perguruan Tinggi melakukan rekayasa mesin pirolisis plastik.

METODE KEGIATAN *MATCHING FUND*

Berdasarkan hasil diskusi dengan mitra PERBANUSA diperoleh perumusan masalah yang diselesaikan yaitu: (1) jumlah residu limbah sampah plastik segera diturunkan; (2) sampah plastik di lokasi timbulannya segera dilakukan tata pengelolannya; dan (3) pengolahan sampah plastik yang dapat memberdayakan masyarakat. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan metode: (1) reka cipta mesin pirolisis yang menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) alternatif; (2) pendampingan kepada masyarakat untuk transfer teknologi mesin pirolisis dan (3) pembentukan gugus tugas (task force) ekonomi sirkular yang melibatkan unsur dari masyarakat, perguruan tinggi, dan Perbanusa DPD I Jawa Timur. Melalui program *matching fund* (MF) ini, insan Dikti dengan mitra Perbanusa DPD I Jawa Timur mengusulkan program untuk mengakselerasi upaya reduksi sampah plastik. Reka cipta yang ditawarkan pada program MF ini bertujuan untuk membantu pemerintah dalam penanganan sampah sehingga dapat mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Strategi pemecahan masalah ini sesuai dengan skema B-1 yang dapat menyelesaikan persoalan di masyarakat. Cara ini ditempuh melalui pola pengelolaan sampah yang dilaksanakan di tempat sumber timbulannya, serta mengurangi sampah plastik agar kontaminasi akibat sampah plastik tidak mencemari tanah, perairan dan udara.

Inovasi yang ditawarkan adalah membuat mesin pendestruksi sampah plastik yang memiliki keunggulan menghasilkan 3 (tiga) bahan bakar minyak alternatif: solar, kerosin dan premium alternatif tanpa pemisahan dan tanpa pemurnian (Eunike Desnia, Edwand Rosie 2022).



Gambar 2. Mesin pirolisis

Sedangkan jika ada residunya yang dapat dikumpulkan, dikeringkan dan dimanfaatkan menjadi bahan baku arang briket. Dengan demikian zero waste dapat tercapai. Mesin pirolisis seperti dalam Gambar-2. Mesin pirolisis (pengolah sampah plastik jadi BBM alternatif) berfungsi untuk mengolah limbah atau sampah plastik menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) alternatif. Tujuan utama pembuatan mesin ini adalah untuk mengurangi limbah sampah plastik di sekitar timbulannya agar tidak menumpuk. Mesin ini terdiri dari 2 (dua) bagian, yaitu Bak yang berfungsi sebagai tempat pengolah plastik (dandang) dan Kondensor yang berfungsi sebagai pendingin dan pemilah BBM alternatif. Mesin pirolisis ini dapat menjadi solusi dalam menangani masalah sampah plastik. Plastik tidak lagi dianggap sebagai masalah, namun bisa dimanfaatkan menjadi salah satu sumber energi alternatif. Sampah plastik yang *non-biodegradable* akan berdampak negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai dan dapat menurunkan kualitas/ kesuburan tanah. Masyarakat pengguna manfaat reka cipta mesin pirolisis ini ada 3 (tiga) tempat yaitu: Kampoeng Oase Ondomohen, Kampoeng Pintar Oase Tembok Gede, dan Kampoeng Oase Songo yang semuanya terletak di Kota Surabaya. Pendampingan kepada masyarakat untuk transfer teknologi mesin pirolisis bertujuan agar warga masyarakat dapat familiar, lancar dan memudahkan operator mesin dalam mengoperasikan mesin pirolisis, sehingga aman. Insan Perguruan Tinggi dosen dan mahasiswa sebagai pendamping dan fasilitator masyarakat. Pada tahap transfer teknologi mesin ini, pedoman yang dipergunakan adalah Prosedur Operasional Standar (POS) penggunaan mesin pirolisis yang disusun oleh dosen-mahasiswa dengan melibatkan mitra masyarakat. Dalam kegiatan ini juga dilakukan pendampingan masyarakat untuk menghitung biaya produksi mesin dan biaya produksi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak alternatif. Kegiatan ini menggunakan pedoman dalam wujud Modul Penetapan Harga Pokok Produksi (HPP) dan Harga Jual (HJ). Secara teknis, pelaksanaan pendampingan dilakukan secara kelompok di setiap Kampoeng. Pendampingan dilakukan berkali-kali hingga beberapa warga yang ditunjuk sebagai operator benar-benar dapat mengoperasikan mesin pirolisis. Sehingga *technical skills* yang dimiliki masyarakat mitra dalam mengoperasikan mesin pirolisis benar-benar dikuasai. Jika masyarakat mitra sudah benar-benar menguasai pengoperasian mesin, dan sekaligus menguasai juga tentang pemeliharaan mesin, maka pengoperasian mesin lebih lancar dan mesin tidak mudah rusak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin pirolisis hasil reka cipta dapat mendegradasi plastik menjadi BBM alternatif. Jika yang dipirolisis adalah plastik jenis PP (*Polypropylene*), setiap 3,5 kg plastik, menghasilkan 2,2 L solar alternatif, 0,47 L minyak tanah alternatif dan 1,47 L premium alternatif. Suhu operasi mencapai 150^o C dengan tekanan 1 atm. Waktu untuk menghabiskan 3,5 kg bahan baku plastik menjadi bahan bakar minyak alternatif selama 4 jam dan bahan bakar LPG yang digunakan sekitar 2 kg. BBM alternatif hasil pirolisis seperti dalam Gambar-3. Hasil pirolisis yang dilakukan masyarakat mitra, volume BBM alternatif yang dihasilkan sangat tergantung dari plastik bahan baku yang dipirolisis. Persiapan awal yang wajib dilakukan sebelum proses pirolisis adalah memilih sampah plastik agar terbebas dari benda-benda yang tidak dapat dipirolisis karena akan menyebabkan adanya residu dalam “Bak” mesin pirolisis. Benda yang tidak terpirolisis misalkan kain, botol kaca, logam/ metal termasuk aluminium foil. Hasil pirolisis yang dilakukan masyarakat mitra, volume BBM alternatif yang dihasilkan sangat tergantung dari plastik bahan baku yang dipirolisis. Persiapan awal yang wajib dilakukan sebelum proses pirolisis adalah memilih sampah plastik agar terbebas dari benda-benda yang tidak dapat dipirolisis karena akan menyebabkan adanya residu dalam “Bak” mesin pirolisis. Benda yang tidak terpirolisis misalkan kain, botol kaca, logam/ metal termasuk aluminium foil



Gambar 3. BBM alternatif hasil pirolisis plastik PP

Jika yang dipirolisis adalah sampah plastik tas “kresek” seperti pada Gambar-1, maka setiap 3,5 kg plastik kresek, menghasilkan 1,8 L solar alternatif, 0,2 L minyak tanah alternatif

dan 0,1 L premium alternatif. Suhu operasi mencapai 175^o C dengan tekanan 1 atm selama 4 jam dan membutuhkan sekitar 2 kg LPG.



Gambar 4. Alat penyaring BBM alternatif

Proses selanjutnya yaitu dilakukan penyaringan BBM alternatif yang dihasilkan. Tujuannya untuk mendapatkan BBM alternatif yang lebih jernih walaupun warnanya tetap sesuai dengan BBM alternatif hasil destilasi. Penyaringan dilakukan menggunakan adsorben mineral zeolite yang diletakkan di bagian penyaring paling atas dan kapas di bagian lapis bawah seperti pada Gambar-4. Teknik pemisahan ini dilakukan secara bergantian untuk setiap jenis BBM alternatif dan wajib dilakukan penggantian adsorben dan kapas, agar filtrat yang dihasilkan tetap murni tidak tercampur BBM alternatif jenis lainnya. Volume filtrat hasil penyaringan BBM alternatif, kurang lebih menjadi 50 % dari volume mula-mula sebelum disaring karena sebagian BBM alternatif terserap dalam butiran adsorben zeolite. Filtrat yang dihasilkan secara fisik nampak jika lebih bening dari BBM alternatif sebelum disaring. Berdasarkan pengamatan masyarakat mitra, mereka mengusulkan penyempurnaan teknik penyaringan yaitu menggunakan arang karbon yang harganya lebih murah dari pada zeolite.

Setelah mesin dapat beroperasi dengan baik, maka dilakukan pendampingan kepada masyarakat mitra untuk menghitung biaya produksi, yang didahului dengan terlebih dahulu menghitung biaya bahan baku pembuatan mesin, biaya energi habis pakai untuk operasional mesin, biaya tenaga kerja, dan biaya overhead. Pada proses ini yang dipergunakan sebagai acuan adalah Modul Penetapan Harga Pokok Produksi (HPP) dan Harga Jual (HJ). Pada tahap berikutnya, pembentukan gugus tugas (*task force*) ekonomi sirkular yang melibatkan unsur dari masyarakat, insan perguruan tinggi, dan Perbanusa DPD Jawa Timur. Proses kerja *task force*

masih terus dinamis karena membutuhkan beberapa keputusan penting dari pemangku kepentingan. Seluruh kegiatan *matching fund* ini bertujuan untuk memenuhi Indikator Kerja Utama (IKU) Perguruan Tinggi yaitu IKU 5, dimana mesin pirolisis hasil reka cipta dapat dimanfaatkan oleh masyarakat merupakan desain dari hasil riset dosen. Disamping IKU 5, juga IKU 2 dan IKU 3, yaitu mahasiswa mendapat pengalaman di luar kampus dan dosen berkegiatan di luar kampus (Kemendikbud, 2021).

KESIMPULAN

Mesin pirolisis sangat mendukung terjadinya pengurangan sampah plastik dengan mengkonversikan menjadi BBM alternatif. Produk BBM alternatif ini tidak diperjual belikan, melainkan dapat dimanfaatkan masyarakat mitra untuk menggerakkan mesin cruser plastik yang dimilikinya. Pirolisis 3,5 kg plastik jenis PP (*Polypropylene*) menghasilkan 2,2 L solar alternatif, 0,47 L minyak tanah alternatif dan 1,47 L premium alternatif. Suhu operasi mencapai 150° C dengan tekanan 1 atm dengan waktu pirolisis selama 4 jam dan membutuhkan 2 kg LPG. Sedangkan jika yang dipirolisis adalah sampah plastik tas “kresek” (LDPE) setiap 3,5 kg bahan baku, menghasilkan 1,8 L solar alternatif, 0,2 L minyak tanah alternatif dan 0,1 L premium alternatif dengan suhu operasi mencapai 175° C, tekanan 1 atm selama 4 jam dan membutuhkan sekitar 2 kg LPG. Semua produk BBM alternatif ini masing-masing perlu dilakukan filtrasi untuk memperoleh BBM alternatif yang lebih jernih.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas terlaksanakannya kegiatan *Matching Fund* 2023. Terima kasih kepada:

1. KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI - Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi - *Matching Fund* Kedaireka yang telah memberikan pendanaan kegiatan hingga dapat dilaksanakan untuk menjawab kebutuhan masyarakat;
2. Mitra PERBANUSA DPD I Jatim dan 3 (tiga) Kampoeng pengguna manfaat yaitu Kampoeng Oase Ondomohen, Kampoeng Pintar Oase Tembok Gede, dan Kampoeng Oase Songo yang telah berkontribusi aktif termasuk pendanaan untuk terlaksananya kegiatan *Matching Fund* 2023;

3. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya yang berkontribusi dalam pendanaan pendamping kegiatan *Matching Fund* 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI - Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. 2021. *Buku Panduan Indikator Kerja Utama Perguruan Tinggi Negeri*.
Unknown, Grafik Komposisi Sampah, sipsn.menlhk.go.id/sipsn/, diakses tanggal 23 Februari 2023
- Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi dan Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi - Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia. 2023. *Buku Panduan Matching Fund 2023*
- Eunike Desnia, Edwand Rosie. 2022. "Pirolisis Limbah Plastik Polyethylene (PE) dan Polypropylene (PP) menjadi BBM Alternatif dengan Katalis Bentonit". *Skripsi*. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik. Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya: Surabaya
- S. Kaza, L. C. Yao, P. Bhada-Tata, F. Van Woerden. 2018. "What a waste 2.0: A global snapshot of solid waste management to 2050" (World Bank, 2018)
- L. C. Woodall, L. F. Robinson, A. D. Rogers, B. E. Narayanaswamy, G. L. Paterson. 2015. Deep sea litter: A comparison of seamounts, banks and a ridge in the Atlantic and Indian Oceans reveals both environmental and anthropogenic factors impact accumulation and composition. *Front. Mar. Sci.* 2, 2
- Coniwanti, P., L. Laila, M.R. Alfira. 2014. Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* 20(4): 22-30
- Gironi, F and V. Piemonte. 2011. Bioplastics and Petroleum-based Plastics: Strengths and Weaknesses. *Energy Source, Part A* 33: 1949-1959
- Navid Taghavi, Wei-Qin Zhuang, Saed Baroutian. 2021. Enhanced biodegradation of non-biodegradable plastics by UV radiation: Part 1. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Vol. 9(6)
- Cincinelli A., Martellini T., Guerranti C., Scopetani C., Chelazzi D., Giarrizzo T. 2019. A potpourri of microplastics in the sea surface and water column of the Mediterranean Sea. *TRAC Trends Anal. Chem.*, 110, 321-326

- Laura Ramos, Giselle Berenstein, Enrique A. Hughes, Anita Zalts, Javier M. Montserrat. 2015. Polyethylene film incorporation into the horticultural soil of small periurban production units in Argentina. *Science of The Total Environment*; 523, 74-81
- Muhammad Sajjad, Qing Huang, Sardar Khan, Muhammad Amjad Khan, Yin Liu, Junfeng Wang, Faqin Lian, Qingqing Wang, Genmao Guo. 2022. Microplastics in the soil environment: A critical review. *Environmental Technology & Innovation*. 27, 102408