https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i3.308

IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)

Vol. 4, No. 3, 2025, pp. 39-46, e-ISSN: 2962-4290

Available online http://e-journals.irapublishing.com/index.php/IRAJTMA/

Scientific Articles

Manufaktur Alat Pengolah Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif (Minyak Solar) dengan Metode Pirolisis

Manufacturing of Plastic Waste Processing Equipment into Alternative Fuel (Diesel Oil) Using the Pyrolysis Method

Jupri Yanda Zaira[1]*, Darwis Dani[1], Roni Novison[1], Agus Wijianto[1], M.Refky Hasibuan[1]

[1]Jurusan Teknologi Industri, Prodi D4-Teknik Mesin, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28284, Indonesia

**Corresponding author*: jupri@pcr.ac.id

Diterima: 21-08-2025 **Disetujui: 14-11-2025** **Dipublikasikan: 28-12-2025**

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Abstrak

Proses pirolisis merupakan proses termokimia yang dapat menguraikan bahan organik/anorganik menjadi senyawa yang lebih bernilai dengan proses pemanasan pada suhu tinggi. Pada penelitian ini melakukan proses manufaktur alat pirolisis limbah plastik skala laboratorium yang telah didesain menggunakan *software CAD* dan telah direncanakan semua komponen material beserta pemilihan sistem pemanas. Alat pirolisis ini terdiri dari tabung reaktor sebagai komponen utama berbahan *stainless steel* yang memiliki dimensi diameter 0,5 m dan tinggi 1,5 m, sistem pemanas berbahan LPG, serta tabung kondensasi galvanik untuk mengubah uap menjadi minyak pirolisis. Proses manufaktur yang dilakukan berupa pembuatan tabung reaktor menggunakan metode pengelasan *Shielded metal arc welding (SMAW)* dengan elektroda E6013 berdiameter 2,6 mm. Uji coba alat dilaksanakan pada suhu 300-400 °C dengan kapasitas 10 kg plastik jenis *polietilena (PE)* dan *polipropilena (PP)* per siklus. Pada tahap awal ditemukan kebocoran pada sambungan pipa dan penutup reaktor, namun perbaikan dengan lem paking tahan panas berhasil membuat alat kembali berfungsi dengan baik. Hasil dari penelitian ini adalah menciptakan alat pirolisis yang dapat mengonversi limbah plastik menjadi produk utama berupa minyak pirolisis, dimana dengan per siklus kapasitas limbah plastik sebanyak 10 kg dapat menghasilkan minyak pirolisis sebanyak ±4,5 liter, serta menghasilkan gas pirolisis dan residu padat. Minyak pirolisis yang dihasilkan memiliki nilai kalor ±462 kJ/kg , dimana mendekati bahan bakar fosil (minyak solar) dengan densitas 0,83-0,85 g/cm³.

Kata kunci: Limbah plastik, Pirolisis, Minyak pirolisis, Pengelasan SMAW, Energi terbarukan.

Abstract

Pyrolysis is a thermochemical process that can break down organic/inorganic materials into more valuable compounds by heating them to high temperatures. In this research, a laboratory-scale plastic waste pyrolysis system was manufactured, designed using CAD software, with all material components and the heating system selected. The pyrolysis unit consists of a stainless-steel reactor tube as the main component with a diameter of 0.5 m and a height of 1.5 m, an LPG-based heating system, and a galvanic condensation tube to convert vapor into pyrolysis oil. The manufacturing process involved fabricating the reactor tube using Shielded Metal Arc Welding (SMAW) with a 2.6 mm-diameter E6013 electrode. The testing was conducted at temperatures ranging from 300 to 400°C, with a capacity of 10 kg of polyethylene (PE) and polypropylene (PP) plastic per cycle. During the initial phase, leaks were found at the pipe joints and reactor lid, but repairs using heat-resistant sealing adhesive successfully restored the device to proper function. The outcome of this research is the creation of a pyrolysis unit capable of converting plastic waste into a primary product, pyrolysis oil. Each cycle, with a plastic waste capacity of 10 kg, can produce approximately 4.5 liters of pyrolysis oil, along with pyrolysis gas and solid residue. The produced pyrolysis oil has a calorific value of approximately 462 kJ/kg, which is close to that of fossil fuels (diesel oil), with a density of 0.83- 0.85 g/cm³.

Keywords: *Plastic waste, Pyrolysis, Pyrolysis oil, SMAW Welding, Renewable energy.*

1. Pendahuluan

Plastik merupakan salah satu material yang paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena sifatnya yang ringan, kuat, dan murah. Namun, kelebihan tersebut justru menimbulkan permasalahan besar, yaitu sulitnya plastik terurai secara alami. Dari laman kompas.com pada tahun 2022 produksi sampah plastik di Indonesia mencapai 12,54 juta ton (Kompas.com 2023), sedangkan menurut studi yang dilakukan tingkat daur ulang sampah plastik hanya mencapai 9% dari total sampah plastik dari seluruh dunia, sementara sebagian besar berakhir di TPA, sungai, maupun laut (Kompas.com 2025). Untuk tahun 2024 menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dari total timbulan sampah sebesar 35,31 juta ton dimana 19,69% merupakan sampah plastik (KLHK 2024). Kondisi ini tidak hanya menimbulkan pencemaran lingkungan baik didarat maupun diperaian, tetapi juga mengancam kesehatan manusia dan ekosistem, dan perlu dilakukan penanggulangan limbah yang diatur secara hukum sehingga dapat terhidar dari pencemaran lingkungan (Wahyudin and Afriansyah 2020).

Metode konvensional dalam pengelolaan sampah plastik, seperti pembakaran terbuka, terbukti menimbulkan dampak negatif karena menghasilkan emisi berbahaya berupa karbon monoksida (CO), dioksin, furan, dan partikulat beracun yang dapat memperburuk kualitas udara serta mengancam kesehatan manusia (WHO 2016) Sementara itu, metode penimbunan di TPA hanya memindahkan masalah dan menambah beban lahan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif inovatif yang tidak hanya mampu mengurangi volume limbah plastik, tetapi juga memberi nilai tambah berupa produk yang bermanfaat (Mamdudah, et al. 2023) (Kustanti, et al. 2020). Berbagai kajian (Adicita, et al. 2022), sosialisasi (Warsidah 2023), pelatihan (Sunreni, et al. 2022), dan pelestarian lingkungan (Hapsari, et al. 2021) yang dilakukan untuk memanfaatkan limbah plastik yang berasal dari darat maupun dari perairan seperti sungai dan laut, dari dalam maupun luar negeri (*impor*) (Septianingrum, et al. 2024) yang lebih berguna dan bermanfaat bagi masyarakat banyak, perlu dilakukan daur ulang supaya lebih bermanfaat (Taswin, et al. 2023)

Salah satu teknologi yang dinilai efektif adalah pirolisis (Sari, Afifah and Suryawan 2023), yaitu proses pemanasan plastik pada suhu tinggi dalam kondisi tanpa oksigen. Melalui metode ini, plastik dapat diuraikan menjadi produk cair (minyak pirolisis) (Al Farabi, et al. 2023), gas, dan residu padat berupa arang (Bani 2024). Minyak pirolisis memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif karena nilai kalorinya mendekati bahan bakar fosil (Riandis, Setyawati and Sanjaya 2021) (Wajdi, et al. 2020), sedangkan gas hasil pirolisis dapat dimanfaatkan kembali untuk menjaga suhu proses. Selain itu, residu padat dapat diolah lebih lanjut menjadi karbon aktif atau bahan campuran industri konstruksi.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan hasil yang menjanjikan. Penelitian yang dilakukan Islami dkk. melaporkan bahwa dari 8kg sampah plastik jenis polipropilena (PP) menghasilkan rendemen bahan bakar cair sebanyak 63,38% dengan suhu maksimum pirolisis yaitu 330°C (Islami, Sutrisno and Heriyanti 2019). Sementara penelitian yang dilakukan lubis dkk. dalam penelitiannya dengan input 500 gram pada suhu 134°C-200°C selama 120 menit pirolisis dari sampah *plastik High Density Polyethylene (HDPE)* dengan rata-rata sebesar 74 mL, 769 kg/m3, dan 0,77 sentipoise (cP) menghasilkan persentase rendemen minyak 11,37%, sedangkan pirolisis dari sampah plastik Polyethylene Terephtalate (PET) dengan rata-rata sebesar 27 ml, 794 kg/m3, dan 1,2 sentipoise (cP) menghasilkan persentase rendemen minyak 4,29% (Lubis, et al. 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan manufaktur alat pirolisis skala laboratorium untuk mengolah limbah plastik jenis PE dan PP menjadi bahan bakar alternatif. Penelitian ini tidak hanya bertujuan membuktikan efektivitas

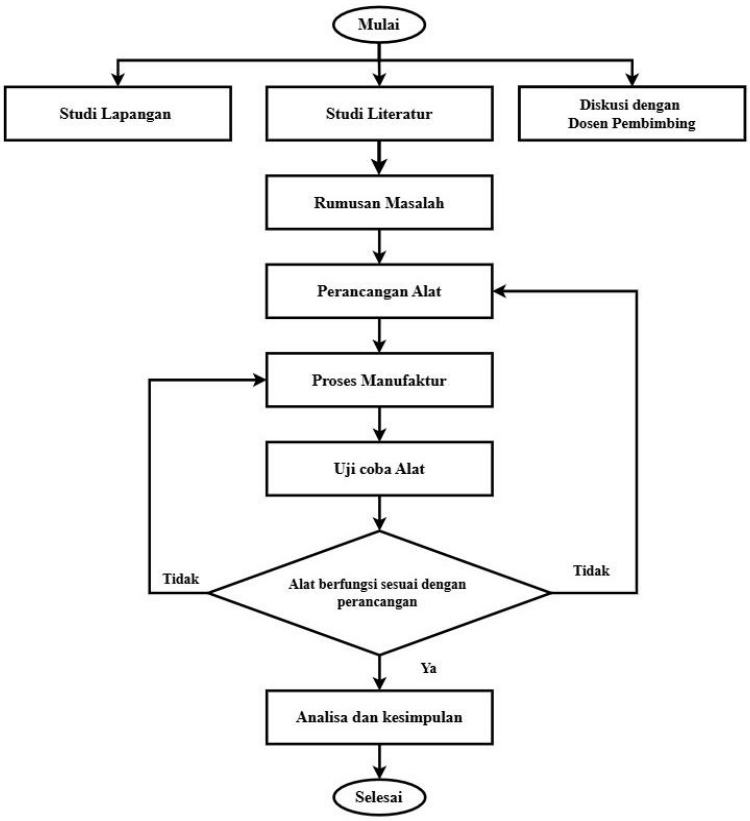
metode pirolisis, tetapi juga memberikan dasar rancangan alat yang praktis, efisien, dan berpotensi untuk dikembangkan ke skala yang lebih besar. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya pengurangan limbah plastik sekaligus penyediaan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan.

2. Metode

Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah serangkaian tahapan yang dirancang untuk memastikan proses perancangan dan pengujian alat pirolisis berjalan sistematis serta menghasilkan data yang valid. Tahapan tersebut meliputi:

a. Studi Literatur, untuk mengumpulkan teori dan hasil penelitian terdahulu terkait teknologi pirolisis, karakteristik limbah plastik, serta rancangan reaktor yang sesuai.
b. Perancangan Alat, meliputi pembuatan desain reaktor, kondensor, serta sistem pemanas menggunakan perangkat lunak CAD.
c. Manufaktur Alat, yaitu proses pembuatan komponen sesuai desain yang telah ditetapkan, termasuk tabung reaktor, pipa penghubung, tabung pendingin, dan rangka penopang.
d. Pengujian Proses Pirolisis, dengan mengoperasikan alat pada kapasitas ±10 kg plastik per siklus, suhu 300–400 °C, dan durasi ±4 jam.
e. Pengumpulan dan Analisis Data, meliputi pengukuran nilai kalor, viskositas, densitas, laju produksi minyak, serta pemanfaatan gas dan residu padat.

Dengan metodologi tersebut, penelitian ini diharapkan mampu memberikan hasil yang akurat mengenai efektivitas alat pirolisis dalam mengonversi limbah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Tahapan pengambilan data dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart*

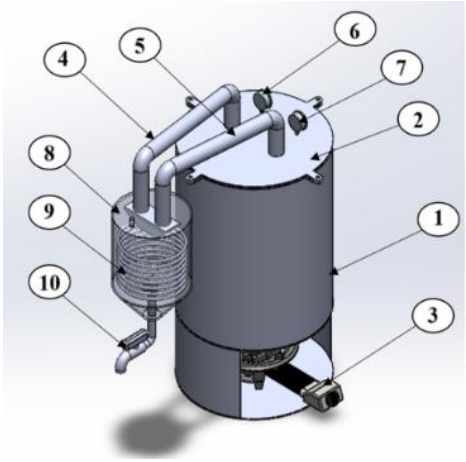
Pada Gambar 2. ditunjukkan rancangan alat pirolisis limbah plastik skala laboratorium yang terdiri dari beberapa komponen utama. Tabung reaktor (1) berfungsi sebagai tempat

terjadinya proses pirolisis, di mana plastik dipanaskan hingga suhu 300–400 °C. Penutup reaktor (2) menjaga agar proses berlangsung dalam kondisi tertutup sehingga tidak terjadi kebocoran udara. Sistem pemanas (3) menggunakan kompor berbahan bakar LPG yang diletakkan di bagian bawah reaktor.

Uap hasil pirolisis dialirkan melalui pipa penghubung (4 dan 5) menuju tabung pendingin (8). Tabung pendingin ini dilengkapi dengan koil pendingin (9) yang berfungsi mengkondensasikan uap menjadi cairan minyak pirolisis, kemudian disalurkan keluar melalui pipa keluaran (10). Pada bagian atas reaktor, dipasang pipa keluaran tambahan (6) dan thermometer (7) untuk mengontrol suhu selama proses berlangsung.

Keseluruhan komponen ini dirancang sedemikian rupa agar proses pirolisis berjalan optimal dan aman, menghasilkan minyak pirolisis sebagai bahan bakar alternatif, sekaligus memanfaatkan gas dan residu padat sebagai produk sampingan.

No	Nama Part
1	Tabung Reaktor
2	Penutup tabung reaktor
3	Kompor/Pemanas
4	Pipa Output 1
5	Pipa Output 2
6	Thermometer
7	Pressure Gauge
8	Tabung kondensasi
9	Pipa kondensasi
10	Keran



Gambar 2. Alat Pengolah limbah plastik menjadi BBM

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Proses Pirolisis

Pengujian dilakukan menggunakan plastik jenis PE dan PP dengan kapasitas ±10 kg per siklus. Proses pirolisis dilaksanakan selama ±4 jam dengan suhu operasi berkisar 300–400 °C dengan pengambilan data per 30 menit.

Tabel 1. Data Hasil minyak yang di dapatkan pada 30 menit Pertama

(Pada Menit ke 30)			
Thermokople	Suhu (°C)	Imput Plastik PE & PP (Kg)	Output Minyak Pirolisis (ml)
Suhu Reaktor	330	10	565

Tabel 2. Data Hasil minyak yang di dapatkan pada 30 menit kedua

(Pada Menit ke 60)			
Thermokople	Suhu (°C)	Imput Plastik PE & PP (Kg)	Output Minyak Pirolisis (ml)
Suhu Reaktor	352	10	575

Tabel 3. Data Hasil minyak yang di dapatkan pada 30 menit ketiga

(Pada Menit ke 90)			
Thermokople	Suhu (°C)	Imput Plastik PE & PP (Kg)	Output Minyak Pirolisis (ml)
Suhu Reaktor	360	10	580

Dari tabel hasil pengujian, suhu untuk proses pirolisis maksimum hanya sebesar 360 °C terjadi pada menit ke 90 dan rata – rata menghasilkan minyak pirolisis per 30 menit sebanyak 573,3 ml, sehingga dalam jangka waktu 4 jam menghasilkan 4.586,76 ml atau ± 4,5 liter. Dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Islami dkk. menyatakan hasil rendemen minyak pirolisis dalam bentuk persentase yaitu 63,38% dari material plastik 8 Kg, sedangkan penelitian Lubis dkk menghasilkan 11,37% dari material plastik 500 gram. Maka dalam penelitian ini belum menyatakan hasil dalam bentuk persentase, jadi perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menentukan hasil persentase rendemen minyak pirolisis.

3.2 Analisis Kebocoran pada Alat

3.2.1. Identifikasi permasalahan kebocoran

Berdasarkan hasil inspeksi lapangan pada alat pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar motor, ditemukan kebocoran pada dua titik kritis, yaitu:

a. Sambungan pipa antara reaktor pirolisis dan kondensor, yang mengalami kebocoran akibat tekanan gas panas serta penyambungan pipa yang tidak rapat. Penyebab lainnya adalah pelonggaran ulir dan getaran saat operasi.
b. Penutup reaktor pirolisis, yang tidak dilengkapi gasket atau sistem penguncian yang presisi, menyebabkan uap hasil pemanasan keluar melalui celah kecil.

Kebocoran ini menyebabkan keluarnya uap pirolisis yang mengandung senyawa hidrokarbon, yang tidak hanya mengurangi hasil bahan bakar cair, tetapi juga menimbulkan risiko kesehatan dan keselamatan kerja.

Gambar 3. Lokasi/titik kebocoran

3.2.2. Solusi penambalan menggunakan lem packing

Sebagai solusi darurat terhadap kebocoran tersebut, dilakukan penambalan menggunakan lem packing (gasket maker) berbahan dasar RTV silikon yang tahan terhadap suhu tinggi (hingga 350°C). Proses perbaikan dilakukan sebagai berikut:

a. Pembersihan area bocor dari sisa minyak, plastik, dan kotoran menggunakan pelarut.
b. Pengeringan permukaan untuk memastikan daya rekat lem maksimal.
c. Aplikasi lem packing secara merata pada celah pipa dan sambungan penutup.
d. Pengeringan selama 1–2 jam, kemudian dilakukan uji tekanan rendah.

3.2.3 Evaluasi Efektivitas Perbaikan

Setelah dilakukan perbaikan:

a. Tidak terdeteksi kebocoran pada sambungan selama pengujian 3 jam operasional.
b. Temperatur area pipa tercatat di bawah 200°C, masih dalam batas aman lem packing.
c. Produksi bahan bakar cair meningkat kembali ke volume semula.
d. Bau gas di sekitar alat menurun signifikan.

4. Kesimpulan

a. Pembuatan alat pengolah limbah plastik menjadi bahan bakar memiliki dimensi tinggi 1,5 m, dengan lebar diameter 0,5 meter. Alat terdiri dari tabung pembakaran, pipa penghubung dan tabung destilasi serta sistem pembakaran menggunakan kompor gas lpg.
b. Manufaktur alat menggunakan proses pengelasan SMAW untuk melakukan assembly dengan menggunakan elektroda E6013.
c. Pada saat uji kebocoran tabung , terjadi kebocoran pada penutup tabung pembakaran dan dilakukan proses penampalan menggunakan lem paking sampai tidak terjadi kebocoran lagi.
d. Efektivitas Alat: Alat pirolisis berhasil mengonversi limbah plastik menjadi produk utama berupa minyak pirolisis dengan jumlah ±4,5 liter per siklus (kapasitas 10 kg plastik), serta menghasilkan gas pirolisis dan residu padat.
e. Kualitas Minyak Pirolisis: Minyak yang diperoleh memiliki nilai kalor ±462 kJ/kg, mendekati bahan bakar fosil, dengan densitas 0,83–0,85 g/cm³ dan kandungan sulfur yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa minyak pirolisis berpotensi digunakan sebagai bahan bakar alternatif, meskipun viskositasnya masih relatif tinggi sehingga diperlukan tahap pemurnian lebih lanjut.
f. Alat pirolisis ini pembuatannya masih skala laboratorium, sehingga masih banyak kekurangan dan perlu dilakukan validasi jangka panjang sehingga dapat hasil yang terukur, serta perlu dilakukan pembuatan skala yang lebih besar (Skala Industri).

Daftar Pustaka

Adicita, Yosef, Mega Mutiara Sari, D. Darwin, Anshah Silmi Afifah, Nova Ulhasanah, Imelda Masni Juniaty Sianipar, Aartje Tehupeiory, Iva Yenis Septiariva, and I Wayan Koko Suryawan. 2022. "Kajian Pengelolaan Sampah Perkotaan pada Pulau Kecil Padat Penduduk di Pulau Lengkang, Kota Batam." *Jurnal Wilayah dan Lingkungan* (Research Group in Regional Development and Environmental Management Department of Urban and Regional Planning Faculty of Engineering - Diponegoro University) 10 (3): 226-235. https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jwl/article/view/12276.

Al Farabi, M. Rizqi, Moh. Arif Batutah, Ponidi, and Anastas Rizaly. 2023. "Analisa Mutu pada Redesign Alat Pirolisis Pengubah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair." *Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur (ReSEM)* (Universitas Muhammadiyah Surabaya) 1 (1): 19-24. https://journal.um-surabaya.ac.id/ReSEM/article/view/20258.

Bani, Gregorio Antonny. 2024. "Kajian Pemanfaatan Zeolit Alam Ende sebagai Katalis dalam Pirolisis Polietilena dari Sampah Plastik." *Jurnal Ilmu Lingkungan* (Graduate Program of Environmental Studies, School of Postgraduate Studies) 22 (2): 447-454. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/53645.

Barita, Eswanto, & Kirfan Wujud. (2022). Planning of Fluidized Combustion Chamber Using Waste Fuel. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(1), 58–65. https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i1.11.

Hapsari, Ira, Nur Isna Inayanti, Siti Nur Azizah, and Kurnia Ritma Dhanti. 2021. "Pelestarian Lingkungan Melalui Pemanfaatan Limbah Plastik untuk Menumbuhkan Jiwa Kewirausahaan

Peserta Didik Madrasah Ibtidaiyah Muhammadiyah Pasirmuncang, Purwokerto." *RESONA Jurnal Pengabdian Masyarakat* (Lembaga Penerbitan dan Publikasi Ilmiah (LPPI) Universitas Muhammadiyah Palopo) 5 (1): 25-32. https://journal.stiem.ac.id/index.php/resona/article/view/620.

Islami, Anisya Putri, Sutrisno, and Heriyanti. 2019. "Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) menjadi Bahan Bakar." *Journal Cis-Trans* 1-6. https://journal2.um.ac.id/index.php/jct/article/view/10284.

Ilmi, I., Simamora, J. ., Suherman, S., & Siregar, Z. H. . (2025). Treatment of Flue Gas from the Combustion of Refuse Derived Fuel and Sawdust Using a Spray Tower Scrubber. IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA), 4(1), 136–146. https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i1.190.

KLHK. 2024. "Komposisi Sampah." *https://sipsn.kemenlh.go.id.* 12 1. Accessed 09 25, 2025. https://sipsn.kemenlh.go.id/sipsn/public/data/komposisi.

Kompas.com. 2023. *Sepanjang Tahun 2022, Ada 12,54 Juta Ton Sampah Plastik di Indonesia.* 06 15. Accessed 09 25, 2025. https://www.kompas.com/properti/read/2023/06/15/180000421/sepanjang-tahun-2022-ada-12-54-juta-ton-sampah-plastik-di-indonesia.

Tingkat *Daur Ulang Plastik di Dunia Baru 9 Persen.* 04 15. Accessed 09 25, 2025. https://lestari.kompas.com/read/2025/04/15/130000886/tingkat-daur-ulang-plastik-di-dunia-baru-9-persen?page=2.

Kustanti, Ratna, Arya Rezagama, Bimastyaji Surya Ramadan, Sri Sumiyati, Budi Prasetyo Samadikun, and Mochtar Hadiwidodo. 2020. "Tinjauan Nilai Manfaat pada Pengelolaan Sampah Plastik Oleh Sektor Informal (Studi Kasus: Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Grobogan)." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 18 (3): 495-502. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/32161.

Lubis, Damian Andreas, Arifin, Y Fitrianingsih, Suci Pramadita, and Govira Christiadora Asbanu. 2022. "Pengolahan Sampah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephtalate) Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Pirolisis." *Jurnal Ilmu Lingkungan* 735-742. https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/44551.

Mamdudah, Elok Ayu, Siti Mas'adah Kustini, Kharisma Shofiuddin M. Alwi, Siti Rodlotul Hikamah, and M. Thoriq Ichsan. 2023. "Pemanfaatan Limbah Plastik Ecobrick Menjadi Rak Buku." *Dedication : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 7 (1): 21-30.

Riandis, Juliya Ascha, Agus Restu Setyawati, and Ari Susandy Sanjaya. 2021. "Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak." *Jurnal Chemurgy* (Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Mulawarman) 5 (1): 8-14. https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/TK/article/view/4755.

Sari, Mega Mutiara, Anshah Silmi Afifah, and I Wayan Koko Suryawan. 2023. "Pengelolaan Sampah Plastik Melalui Teknologi Pirolisis di TPST Manding, Kabupaten Sragen: Analisis Efektivitas dan Potensi Keberlanjutan." *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan* (Master Program of Energy, School of Postgraduate Studies) 4 (3): 246-256. https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jebt/article/view/20092.

Septianingrum, Dinni, Donar Sagala, Khairunisa, and Raisha Larasati Saleh. 2024. "Peran masyarakat dalam pengelolaan sampah impor." *Journal of Character and Environment* (Institute for Advanced Science, Social, and Sustainable Future) 1 (2): 126-137. https://journal-iasssf.com/index.php/JOCAE/article/view/475.

Sunreni, Danyl Mallisza, Teti Chandrayanti, Yulia Syafitri, Nova Begawati, and Rice Haryati. 2022. "Pelatihan Pemanfaatan Limbah Plastik Pada Kelompok Wanita Tani Bunga Tanjung

Sejahtera Di Koto Panjang Ikua Koto Padang." *ZADAMA : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 1 (1): 16-22.

Taswin, Muhammad, Ramdan Yusuf, Andi Haslinah, and Hotnida Nainggolan. 2023. "Analisis Bibliometrik terhadap Efektivitas Teknologi Daur Ulang dalam Pengelolaan Limbah dan Pengurangan Pencemaran Lingkungan." *Jurnal Multidisiplin West Science* (WestScience Press) 2 (11): 983-994. https://wnj.westsciences.com/index.php/jmws/article/view/782.

Wahyudin, Gledys Deyana, and Arie Afriansyah. 2020. "Counter Measure Marine Plastic Pollution Under International Law." *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan* 8 (3): 529-550.

Wajdi, Badrul, Safiruddin, Baiq Aryani Novianti, and Laxmi Zahara. 2020. "Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak (BBM) Dengan Metode Pirolisis Sebagai Energi Alternatif." *Kappa Journal* (Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Hamzanwadi) 4 (1): 100-112.

Warsidah, Warsidah. 2023. "Sosialisasi Peningkatan Kualitas Lingkungan Perairan Melalui Program Jaga Laut Kita dari Sampah Plastik." *Sasambo: Jurnal Abdimas (Journal of Community Service)* 5 (2): 450-457. doi:https://doi.org/10.36312/sasambo.v5i2.1229.

WHO. 2016. *Open burning of waste: A global health disaster.* WHO, Geneva: World Health Organization.