JAKSI
Jurnal Abdi Karya Sipil

Volume 2 Nomor 2 Oktober 2026
ISSN (Online): 3110-3944

Transformasi Limbah Plastik Menjadi Energi Dalam Rumah Tangga di Desa Masangan Kulon, Kabupaten Sidoarjo

Rizki Firman Alamsyah*[1], Sa'iyd Husayn Ahmadi[1], Syadza Nabila Yusna[1], Rizqi Alghiffary[1]
[1]Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sains
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Indonesia

DOI:
10.33005/jaksi.v2i2.24

Kata Kunci:
Limbah Plastik, Energi Alternatif, Pirolisis, Bahan Bakar Cair, Ketahanan Energi, Pengelolaan Sampah.

Keywords:
Plastic Waste, Alternative Energy, Pyrolysis, Liquid Fuel, Energy Resilience, Waste Management.

Hal: 61-69

This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

ABSTRAK:
Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan terbesar karena sifatnya yang sulit terurai dan berdampak negatif terhadap ekosistem. Akumulasi plastik menimbulkan pencemaran tanah, air, dan udara, serta berkontribusi pada terbentuknya mikroplastik yang berbahaya bagi kesehatan. Transformasi limbah plastik menjadi energi menawarkan solusi inovatif dengan memanfaatkan kandungan hidrokarbon dalam plastik melalui teknologi konversi, seperti pirolisis, gasifikasi, dan refuse derived fuel (RDF). Pirolisis menjadi metode utama, dengan tahapan mulai dari persiapan bahan, pencacahan, pemanasan, pirolisis, kondensasi, hingga pemurnian, yang menghasilkan bahan bakar cair, gas sintetis, dan residu karbon. Produk energi tersebut dapat dimanfaatkan untuk mesin diesel, pembangkit listrik kecil, maupun kebutuhan rumah tangga. Selain mengurangi timbunan sampah, teknologi ini mendukung ketahanan energi lokal dan membuka peluang ekonomi masyarakat. Dengan partisipasi komunitas dan penerapan teknologi tepat guna, limbah plastik dapat ditransformasi dari masalah lingkungan menjadi sumber daya energi yang bermanfaat.

ABSTRACT
Plastic waste has emerged as one of the most pressing environmental challenges due to its non-biodegradable nature and long degradation period. The accumulation of plastic contributes to soil, water, and air pollution, while also generating microplastics that threaten ecosystems and human health. An innovative solution is the transformation of plastic waste into energy by utilizing its hydrocarbon content through conversion technologies such as pyrolysis, gasification, and refuse-derived fuel (RDF). Pyrolysis, as the primary method, involves several stages including material preparation, shredding, preheating, thermal degradation, condensation, purification, and energy utilization. This process yields liquid fuel, synthetic gas, and carbon residue, which can be applied to diesel engines, small-scale power generation, and household energy needs. Beyond reducing landfill accumulation, this approach supports local energy resilience and fosters community-based economic opportunities. With appropriate technology and active community participation, plastic waste can be transformed from an environmental burden into a valuable energy resource.

***Correspondence**
Email : rizki_firman.ts@upnjatim.ac.id

OPEN ACCESS

PENDAHULUAN

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang terus meningkat akibat tingginya penggunaan produk berbahan plastik. Plastik memiliki sifat sulit terurai sehingga membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mengalami degradasi secara alami (Tokiwa et al., 2009). Oleh karena itu, diperlukan inovasi pengelolaan limbah plastik yang tidak hanya mampu mengurangi pencemaran lingkungan, tetapi juga menghasilkan nilai tambah berupa energi melalui proses konversi seperti pirolisis (Sharuddin et al., 2016; Rahmawati & Nugroho, 2025).

Akumulasi sampah plastik menyebabkan pencemaran tanah, air, dan laut. Selain itu, pembakaran plastik secara terbuka dapat menghasilkan berbagai emisi berbahaya yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan. Oleh karena itu, pengelolaan limbah plastik yang tepat diperlukan untuk mengubah limbah tersebut menjadi sumber daya yang bermanfaat (Al-Salem et al., 2009). Diperkirakan setiap tahun masyarakat dunia menggunakan antara 500 juta hingga 1 miliar kantong plastik atau sekitar 1 juta kantong plastik per menit, sehingga memberikan tekanan yang besar terhadap lingkungan (WWF Indonesia, 2025).

Konsumsi plastik yang terus meningkat mengakibatkan timbunan sampah dalam jumlah besar. Plastik tergolong material non-biodegradable yang memerlukan waktu sekitar 100 hingga 500 tahun untuk terurai secara sempurna di lingkungan (Tokiwa et al., 2009). Akibatnya, sampah plastik mencemari tanah, perairan, laut, bahkan udara. Kantong plastik umumnya diproduksi dari hasil penyulingan minyak bumi dan gas alam berupa senyawa etilena (ethylene), yang berasal dari sumber daya alam tak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Kondisi ini menjadikan penggunaan plastik tidak hanya berdampak pada peningkatan volume sampah, tetapi juga pada eksploitasi sumber daya alam yang terbatas (WWF Indonesia, 2025). Semakin banyak penggunaan plastik, semakin cepat pula cadangan sumber daya tersebut habis. Secara kimia, plastik umumnya berbahan polimer polivinil yang mengandung senyawa berbahaya seperti PCB (*polychlorinated biphenyl*). Karena sulit terurai, plastik menimbulkan berbagai dampak seperti:

1. Pencemaran tanah dan air tanah, serta mengganggu kehidupan organisme bawah tanah.
2. Racun dari partikel plastik dapat membunuh hewan pengurai seperti cacing.
3. PCB yang masuk ke rantai makanan menjadi racun berantai bagi hewan maupun tumbuhan.
4. Menghambat jalur air sehingga menurunkan daya serap tanah dan memicu banjir.
5. Menurunkan kesuburan tanah karena menghalangi sirkulasi udara dan ruang Gerak organisme penyubur tanah.
6. Karena ringan dan berumur panjang, kantong plastik mudah terbawa angin hingga mencemari laut.

Latar Belakang

Semenjak kesadaran akan bahaya plastik di lingkungan semakin meningkat, tuntutan dari konsumen untuk menyediakan plastik ramah lingkungan semakin tinggi pula. Tidak hanya plastik ramah lingkungan, sistem yang memadai sehingga tidak perlu menggunakan plastik sekali pakai seharusnya yang menjadi prioritas. Hanya saja mungkin

sistem tersebut belum dapat diwujudkan secara nyata apabila seluruh pihak belum berkolaborasi secara khusus berkaitan dengan hal ini. Semenjak aturan terkait larangan penggunaan kantong plastik sekali pakai ketika berbelanja dikeluarkan, muncul berbagai jenis plastik alternatif. Hampir seluruhnya dilabeli 'Ramah Lingkungan', tetapi tetap membingungkan karena faktanya tidak benar-benar ramah lingkungan. Bahkan istilah *bio-plastic* pun masih memiliki ambiguitas. Apakah yang disebut '*bio-plastic'* tersebut adalah *'biodegradable plastic'* atau '*biobased plastic*'? Karena keduanya memiliki makna yang berbeda. Berikut ini merupakan jenis plastik berdasarkan biodegradabilitasnya yang perlu diketahui:

1. Plastik Konvensional (*Non-Biodegradable Plastics*): Plastik konvensional adalah sebutan bagi plastik yang terbuat dari minyak bumi. Plastik jenis ini tentu saja tergolong plastik berbahan dasar 'fosil' yang sulit terurai. Sebagaimana energi, bahan baku pembuatan plastik ini tidak dapat diperbaharui. Mikroorganisme tidak mampu menguraikan plastik ini sehingga diperlukan banyak faktor fisik kimia lainnya untuk membuat plastik ini terurai. Adapun jenis-jenis plastik yang tergolong plastik konvensional adalah sebagai berikut:
   - *Polyethylene* (PE), contohnya plastik bening bungkus cilok, plastik wrap makanan, kantong belanja, dan botol sampo (HDPE).
   - *Polypropylene* (PP), contohnya sedotan plastik, wadah makanan *microwave-safe,* tutup botol, karung beras.
   - *Polyvinyl Chloride* (PVC), contohnya pipa air, plastik mika, dan isolator pada kabel listrik.
   - *Polystyrene* (PS), contohnya styrofoam, alat makan sekali pakai, dan lantai vinyl.
   - *Polyethylene Terephthalate* (PET), contohnya botol air mineral kemasan, kemasan minyak goreng, wadah kosmetik, dll.

   Plastik-plastik yang sulit terurai tersebut tentu saja yang paling mengancam lingkungan kita. Terlebih apabila diamati, plastik-plastik tersebut yang paling sering kita temui dan banyak yang sekali pakai. Akibatnya plastik-plastik ini banyak terakumulasi di lingkungan dan ekosistem kita, serta terdegradasi menjadi mikroplastik yang telah terbukti dapat masuk ke dalam tubuh manusia.

2. *Plastik Degradable* (Tidak *Biodegradable* Sepenuhnya): Plastik *degradable* adalah label bagi plastik yang diklaim terurai tetapi tidak oleh mikroorganisme, melainkan oleh paparan dari faktor fisik dan kimia. Salah satu plastik degradable yang sering kita temui di kehidupan sehari-hari adalah plastik *oxodegradable*. Plastik *oxo-degradable* adalah plastik yang berbahan baku minyak bumi (sebagaimana plastik konvensional) hanya saja ditambahkan zat aditif (seperti besi, nikel, kobalt, dan mangan) yang berfungsi mempercepat proses degradasi melalui oksidasi, thermal, dan fotodegradasi. Plastik oxo yang dikenal juga dengan plastik oxium ini dapat terfragmentasi ketika terkena cahaya UV atau panas. Waktu degradasinya pun lebih cepat dibanding plastik konvensional biasa. Apabila plastik konvensional biasa memerlukan waktu ratusan tahun, plastik oxo ini dapat hilang dari pandangan hanya dalam waktu 2-5 tahun. Meskipun wujud plastik ini dapat tidak terlihat kasat mata setelah 2-5 tahun, tetapi ternyata plastik ini tidak terdegradasi. Alih-alih terdegradasi, plastik oxium hanya

berubah menjadi fragmen-fragmen kecil yang tidak kasat mata, biasa disebut mikroplastik. Beberapa penelitian menyatakan bahwa setelah 350 hari di dalam tanah, plastik *oxium* hanya terurai 15%, jauh lebih lambat dibanding kertas yang mencapai 90%. Jadi sesungguhnya plastik oxium ini bukan jawaban dari permasalahan sampah plastik dunia, melainkan hanya menambahkan jumlah mikroplastik di bumi yang dapat masuk ke tubuh manusia.

3. Plastik *Biodegradable*: Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme da berubah menjadi senyawa alami, seperti karbondioksida, air, dan biomassa. Plastik *biodegradable* digadang-gadang sebagai solusi dari permasalahan sampah plastik karena dapat terurai menjadi senyawa alami yang tidak mengancam lingkungan dan kesehatan. Terdapat beberapa contoh plastik biodegradable yang sering kita temui di kehidupan sehari-hari yaitu:
   - *Polylactic Acid* (PLA) merupakan plastik yang terbuat dari pati jagung dan dapat terdegradasi di lingkungan kompos industri.
   - *Polyhydroxyalkanoate*s (PHA) merupakan plastik yang dihasilkan oleh bakteri dan dapat terdegradasi di tanah dan laut.
   - *Polybutylene Succinate* (PBS) merupakan plastik yang dapat dikomposkan dan lebih fleksibel dibanding PLA.
   - *Polybutylene Adipate Terephthalate* (PBAT) merupakan plastik yang digunakan dalam kantong belanja biodegradable.

   Pada dasarnya terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses biodegradabilitas plastik. Salah satu yang penting adalah struktur kimia penyusun plastik. Pada plastik dengan ikatan ester diketahui lebih mudah dipecah oleh mikroorganisme sehingga lebih mudah terdegradasi. Selain itu kristalinitas plastik juga menjadi salah satu faktor. Semakin tinggi tingkat kristalinitas, maka semakin sulit plastik tersebut untuk terurai. Dan yang terakhir adalah faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan keberadaan mikroorganisme yang berperan untuk degradasi plastik.

Jadi tidak semua plastik yang diklaim dapat terdegradasi aman bagi lingkungan dan kesehatan. Faktanya masih lebih banyak plastik yang diklaim ramah lingkungan tapi ternyata membahayakan lewat jalur lain dengan menjadi mikroplastik. Oleh sebab itu, mari kita lebih jeli dalam menentukan pilihan penggunaan plastik. Upayakan untuk tidak menggunakan plastik sekali pakai yang dapat mencemari lingkungan.

METODE

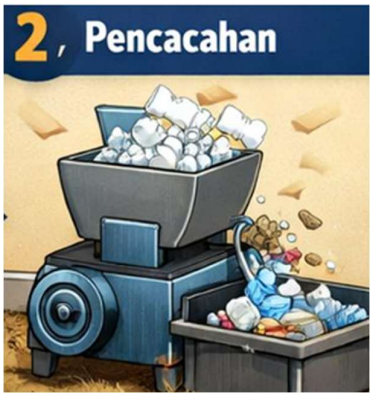
Transformasi limbah plastik menjadi energi merupakan suatu proses pemanfaatan kembali kandungan hidrokarbon yang terdapat dalam plastik melalui penerapan teknologi konversi tertentu. Plastik, yang pada dasarnya tersusun dari senyawa hidrokarbon mirip dengan bahan bakar fosil, dapat diolah sehingga menghasilkan produk energi seperti bahan bakar cair, gas sintetis, maupun energi panas. Proses ini tidak hanya berfungsi sebagai solusi pengurangan timbunan sampah plastik yang sulit terurai, tetapi juga sebagai upaya menciptakan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan. Melalui metode seperti pirolisis, gasifikasi, atau pembakaran terkendali, limbah plastik yang sebelumnya dianggap tidak berguna dapat ditransformasi menjadi energi yang bermanfaat bagi masyarakat. Dengan demikian, kegiatan ini memiliki nilai ganda: mengurangi pencemaran lingkungan

sekaligus mendukung ketahanan energi lokal. Dari segi teknologi pengolahan, Salah satu teknologi utama adalah pirolisis, yaitu proses pemanasan plastik pada kondisi minim oksigen sehingga rantai polimer terurai menjadi minyak, gas, dan residu karbon. Teknologi lain meliputi gasifikasi dan *refuse derived fuel* (RDF). Tahapan proses Pirolisis Plastik adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan.
   Limbah plastik dikumpulkan, dipilah berdasarkan jenis (PE, PP, PS, PET), kemudian dibersihkan dari kotoran dan air agar tidak mengganggu proses pemanasan (plastik bersih siap diolah).



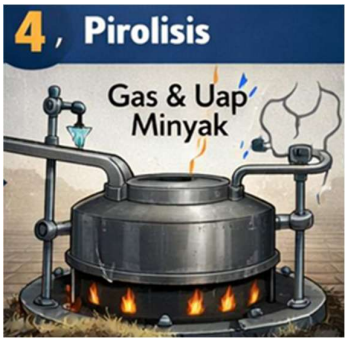
2. Pencacahan (*Shredding*) Plastik dipotong menjadi potongan kecil (2–5 cm) untuk mempercepat proses pemanasan dan memperluas permukaan reaksi.



3. Pemanasan Awal (*Preheating*) Serpihan plastik dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis dan dipanaskan secara bertahap hingga mencapai suhu sekitar 300–500°C tanpa oksigen (plastik mulai melebur).



4. Pirolisis (*Thermal Degradation*) Pada suhu tinggi, rantai polimer plastik terurai menjadi senyawa hidrokarbon ringan. Reaksi ini menghasilkan gas, uap minyak, dan residu padat.



5. Kondensasi Uap Uap hasil pirolisis dialirkan ke kondensor untuk didinginkan sehingga berubah menjadi bahan bakar cair.



6. Pemisahan dan Pemurnian Minyak hasil kondensasi disaring dan dimurnikan untuk menghilangkan kotoran atau senyawa berbahaya (bahan bakar siap pakai).



7. Pemanfaatan Energi Produk akhir berupa bahan bakar cair dapat digunakan untuk mesin diesel, pembangkit listrik kecil, atau keperluan rumah tangga. Gas yang tersisa bisa dimanfaatkan sebagai sumber panas untuk proses berikutnya.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan ini dapat mengurangi volume sampah menuju TPA, menghasilkan sumber energi alternatif, mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, serta membuka peluang ekonomi masyarakat. Masyarakat dapat berpartisipasi melalui pemilahan sampah dari sumbernya, pembentukan bank sampah, edukasi lingkungan, dan pengembangan teknologi pengolahan skala komunitas. Transformasi limbah plastik menjadi energi merupakan solusi inovatif dalam mengatasi permasalahan sampah sekaligus menghasilkan energi alternatif. Dengan dukungan teknologi dan partisipasi masyarakat, limbah plastik dapat berubah dari masalah menjadi sumber daya. Dari proses pirolisis bisa didapatkan:

1. Hasil Pengolahan Plastik
   Dari 1 kg sampah plastik, diprediksikan diperoleh rata-rata:
   - 600 ml bahan bakar cair (bio-oil)
   - 200 g residu karbon (char)
   - 150 g gas sintetis
2. Pemanfaatan Energi
   - Bio-oil dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk kompor rumah tangga.
   - Gas sintetis berpotensi dimanfaatkan untuk pembangkit listrik skala kecil.
   - Residu karbon dapat digunakan sebagai bahan bakar padat atau campuran briket.
3. Dampak Lingkungan dan Sosial
   - Mengurangi timbunan sampah plastik yang sebelumnya dibuang ke TPA atau dibakar terbuka.
   - Masyarakat memperoleh sumber energi alternatif yang murah dan ramah lingkungan.
   - Membuka peluang usaha lokal berbasis pengolahan limbah.

Pirolisis terbukti lebih efektif dibandingkan pembakaran terbuka karena menghasilkan energi sekaligus mengurangi emisi berbahaya. Tantangan utama adalah biaya investasi alat pirolisis dan kebutuhan pelatihan masyarakat agar dapat mengoperasikan teknologi dengan aman. Integrasi dengan program ketahanan energi desa dapat memperkuat keberlanjutan.

KESIMPULAN

Program transformasi limbah plastik menjadi energi di Desa Masangan Kulon, Kabupaten Sidoarjo, menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi tepat guna dapat menjadi solusi nyata terhadap permasalahan lingkungan sekaligus memperkuat ketahanan energi lokal. Melalui penerapan metode pirolisis, masyarakat mampu mengonversi limbah plastik rumah tangga menjadi bahan bakar cair (bio-oil), gas sintetis, dan residu karbon yang memiliki nilai guna tinggi. Proses ini tidak hanya mengurangi volume sampah plastik yang sulit terurai, tetapi juga menghasilkan produk energi alternatif yang dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan rumah tangga, seperti bahan bakar kompor, generator listrik kecil, dan mesin diesel sederhana.

Dari hasil kegiatan, terlihat bahwa partisipasi aktif masyarakat menjadi faktor kunci keberhasilan. Warga terlibat mulai dari tahap pengumpulan, pemilahan, hingga pemanfaatan hasil energi, yang menumbuhkan kesadaran ekologis dan rasa tanggung jawab terhadap lingkungan. Selain itu, kegiatan ini membuka peluang ekonomi baru melalui penjualan bahan bakar hasil pirolisis dan residu karbon sebagai bahan briket. Dengan demikian, program ini tidak hanya berdampak pada aspek lingkungan, tetapi juga pada pemberdayaan sosial dan ekonomi masyarakat desa.

Secara teknis, pirolisis terbukti lebih ramah lingkungan dibandingkan pembakaran terbuka karena tidak menghasilkan emisi beracun secara langsung. Namun, tantangan yang masih dihadapi meliputi kebutuhan akan peralatan yang lebih efisien, sistem pendinginan yang optimal, serta pelatihan berkelanjutan bagi masyarakat agar dapat mengoperasikan teknologi dengan aman dan konsisten. Ke depan, pengembangan sistem pirolisis skala komunitas yang terintegrasi dengan program pengelolaan sampah desa dan kebijakan energi terbarukan akan memperkuat keberlanjutan program ini.

DAFTAR PUSTAKA

Fitri, N., Royhan, H., Maulidia, N. A., Arman, R., & Irawan, A. (2026). Studi kualitas bahan bakar cair hasil pirolisis limbah plastik dengan penambahan aditif solketal. *Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship, 10*(1), 45–56. https://doi.org/10.20885/ajie.vol10.iss1.art3.

Suryaningsih, D., & Prasetyo, A. (2025). Optimized pyrolysis of household plastic waste in Indonesia for oil production: Hydrocarbon profiling and fuel alternative. *Results in Chemistry, 8*(5), 112–124. https://doi.org/10.1016/j.rinchem.2025.100234

Rahmawati, T., & Nugroho, S. (2025). A systematic literature review on the pyrolysis of plastic waste and waste oil for fuel production: Targeted waste management solution for Central Java, Indonesia. *Cleaner Waste Systems, 6*(2), 77–93. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.200145

Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences, 10*(9), 3722–3742. https://doi.org/10.3390/ijms10093722

Al-Salem, S. M., Lettieri, P., & Baeyens, J. (2009). Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. *Waste Management, 29*(10), 2625–2643. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.004

Sharuddin, S. D. A., Abnisa, F., Daud, W. M. A. W., & Aroua, M. K. (2016). A review on pyrolysis of plastic wastes. *Energy Conversion and Management, 115*, 308–326. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.02.037

Miandad, R., Barakat, M. A., Aburiazaiza, A. S., Rehan, M., & Nizami, A. S. (2016). Plastic waste to liquid oil through catalytic pyrolysis using natural zeolite. *Waste Management, 69*, 66–78. https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.08.032

Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., & Tambunan, B. H. (2014). Fuel oil production from municipal plastic wastes in Indonesia. *Energy Procedia, 47*, 180–188. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.212

Kumar, S., Panda, A. K., & Singh, R. K. (2011). A review on tertiary recycling of high-density polyethylene to fuel by pyrolysis. *Energy Conversion and Management, 52*(1), 128–144. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.06.018

WWF Indonesia. (2025). Sampah plastik: Ancaman bagi lingkungan dan kehidupan. *Plastic Smart Cities*. https://plasticsmartcities.wwf.id/feature/article/sampah-plastik-ancaman-bagi-lingkungan-dan-kehidupan