

Pengaruh Variasi Sampah Plastik Jenis *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *Polypropylene* (PP) Terhadap Volume Minyak Hasil Pirolisis

Manshuriin Minduro, I Nengah Suarnadwipa, dan Ketut Astawa
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Bukit, Jimbaran Bali

Abstrak

Sampah plastik merupakan salah satu sumber permasalahan terbesar dalam pencemaran lingkungan. Plastik merupakan kategori sampah anorganik yang dapat menimbulkan dampak positif bahkan negatif bagi kehidupan makhluk hidup apabila tidak dimanfaatkan dan ditanggulangi dengan cara yang benar. Akibat hal tersebut di perlukan upaya untuk menanggulangi ancaman sampah plastik menggunakan cara 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*). Dalam penelitian ini menggunakan metode pirolisis salah satu penerapan reuse yaitu mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif yang bisa digunakan kembali. Pada penelitian pirolisis ini dilakukan menggunakan 3 jenis sampah plastik yaitu, *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), dan *Polypropylene* (PP) yang sudah dicacah. Pengujian ini menggunakan massa sampah plastik sebesar 1 Kg tiap jenis sampah plastik dan menggunakan temperatur reaktor 400°C. Penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi dari masing-masing sampah plastik terhadap hasil volume minyak pirolisis. Hasil yang didapat dari pengujian pirolisis yaitu Volume minyak yang dihasilkan dari ketiga jenis sampah plastik tersebut yaitu HDPE 400 mL, LDPE 449 mL, dan PP 921.

Kata Kunci : Pirolisis, variasi sampah plastik HDPE, LDPE, dan PP, Volume Minyak

Abstract

Plastic waste is one of the biggest sources of environmental pollution problems. Plastic is a category of inorganic waste that can have positive or even negative impacts on the lives of living creatures if it is not used and handled in the right way. As a result of this, efforts are needed to overcome the threat of plastic waste using the 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) method. In this research, one of the applications of reuse is using the pyrolysis method, namely processing plastic waste into alternative fuel that can be reused. This pyrolysis research was carried out using 3 types of plastic waste, namely, *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE), and *shredded Polypropylene* (PP). This test uses a mass of 1 kg of plastic waste for each type of plastic waste and uses a reactor temperature of 400°C. This research focuses on the influence of variations in each plastic waste on the performance of the pyrolysis system. The results obtained from the pyrolysis test are The volume of oil produced from the three types of plastic waste is HDPE 400 mL, LDPE 449 mL, and PP 921.

Keywords: Pyrolysis, variations in plastic waste HDPE, LDPE, dan PP, oil volume

1. Pendahuluan

Sampah plastik merupakan salah satu permasalahan terbesar dalam pencemaran lingkungan. Plastik adalah kategori sampah anorganik yang dapat menimbulkan dampak positif bahkan negatif bagi kehidupan makhluk hidup apabila tidak dimanfaatkan dan ditanggulangi dengan cara yang benar [1]. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah timbulan sampah di Indonesia selama tahun 2022 tercatat sejumlah 70 juta ton, dan sekitar 24 persennya atau 16 juta ton sampah tidak dikelola [2]. Indonesia berada dalam peringkat kedua di dunia dengan China menempati peringkat pertama kategori negara penghasil sampah terbanyak di dunia. Sampah yang dihasilkan oleh manusia yaitu sekitar sebesar 60%-70% adalah sampah organik, 30%-40% adalah sampah anorganik. Sebesar 14% dari sampah anorganik tersebut adalah sampah plastik [3]. Di

Indonesia, kebutuhan akan penggunaan plastik terus meningkat dengan kenaikan rata-rata 200 ton per tahunnya.

Permasalahan sampah plastik di Indonesia akan semakin memburuk jika tidak ditanggulangi secara serius oleh pemerintah maupun masyarakat. Tingginya angka sampah plastik di Indonesia mengakibatkan permasalahan bagi lingkungan maupun kesehatan. Menurut Putra (dalam Nirmalasari, 2021) peningkatan penggunaan plastik memiliki dampak buruk karena sampah yang dihasilkan merupakan sampah yang sulit terurai. Salah satu dampak pencemaran sampah plastik adalah terganggunya kesehatan lingkungan akibat partikel penyusun plastik yang beracun apabila masuk ke dalam tanah [4].

Berdasarkan pemaparan diatas, sampah plastik yang ada dibagi menjadi beberapa jenis. Jenis-jenis sampah plastik dibagi menjadi 7 yaitu, PET atau PETE (*Polyethylene*

Terephthalate), HDPE (*High-Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low Density Polyethylen*), ; PP (*Polypropylene*), PS (*polystyrene*), dan OTHER. Dari berbagai jenis plastik yang ada, perlu dilakukan beberapa upaya untuk menanggulangnya. Cara yang dapat diambil untuk upaya penanggulangan dan pengolahannya adalah dengan 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) [5].

Sehubungan dengan cara pengolahan kembali sampah plastik yang telah dipaparkan diatas, salah satu cara yang juga dapat digunakan dalam mengolah kembali sampah plastik adalah dengan cara pirolisis. Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi bahan oleh temperatur [6].

Jenis plastik yang digunakan dalam proses pirolisis akan menentukan hasil dari proses tersebut. Dalam penelitian ini, peneliti mengkhususkan penelitian pada pengaruh jenis sampah plastik HDPE, PP, dan LDPE terhadap sistem pirolisis.

Tujuan dari dilakukannya penelitian ini, yaitu Menganalisis pengaruh variasi jenis sampah plastik HDPE, PP, dan LDPE terhadap unjuk kerja sistem pirolisis dari segi Volume Minyak. Adapun masalah yang dibahas pada pengujian ini adalah, Bagaimanakah pengaruh variasi jenis sampah plastik HDPE, PP, dan LDPE terhadap unjuk kerja sistem pirolisis dari segi Volume Minyak. Untuk mendapatkan hasil yang diinginkan, maka perlu dilakukan pembatasan antara lain:

1. Penelitian ini hanya membahas mengenai hasil produksi proses pirolisis sampah jenis HDPE, PP, dan LDPE.
2. Alat pirolisis yang digunakan yaitu alat pirolisis dengan kondensor dan reaktor tunggal.
3. Pada penelitian ini sampah plastik yang digunakan dalam bentuk cacahan dengan ukuran 1 cm x 1 cm perbutirnya.
4. Pada penelitian ini massa masing-masing sampah plastik yaitu 1 Kg.
5. Temperatur yang digunakan untuk memanaskan reaktor sebesar 400°C.
6. Head exchanger yang digunakan yaitu tipe shell and tube memanfaatkan air sebagai fluida pendinginnya.
7. Jenis reaktor yang digunakan fixed bad.
8. Laju aliran massa pendinginan yang digunakan sebesar 0,08 L/s (4,8 L/menit)
9. Jenis aliran pada heat exchanger yaitu counter flow (arus balik).
10. Kondisi lingkungan di anggap konstan cerah.
11. Heat losses pada proses pemanasan diabaikan.

12. Unjuk kerja yang dihitung yaitu volume minyak.

2. Dasar Teori

2.1. Plastik

Plastik adalah produk turunan minyak bumi hasil proses penyulingan. Sifat plastik yang kuat dan tahan lama membuatnya banyak digunakan dalam berbagai produk rumah tangga. Namun, di balik manfaatnya, plastik memiliki sisi negatif yaitu sulit terurai secara alami. Sampah plastik yang dibuang sembarangan tidak bisa diuraikan oleh mikroba dan akan mencemari lingkungan. Hal ini menjadi masalah besar karena plastik dapat terurai membutuhkan waktu ratusan bahkan ribuan tahun.

Plastik masih menjadi pilihan banyak orang dalam kehidupan sehari-hari karena harganya murah, praktis, dan mudah didapat. Alasan di balik kepopuleran plastik ini adalah karena sifatnya yang merupakan hasil dari proses polimerisasi hidrokarbon. Proses ini mengubah molekul kecil hidrokarbon (monomer) menjadi rantai panjang yang kaku, menghasilkan plastik yang kita kenal. Sifat inilah yang membuat plastik kuat, tahan lama, dan mudah dibentuk [7].

2.1.1. Sifat Termal Bahan Plastik

Dalam proses daur ulang plastik, memahami sifat panasnya sangatlah penting. Sifat panas yang perlu diketahui adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g), dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi (T_g) adalah titik di mana plastik mengalami perubahan struktur, membuatnya lebih fleksibel dari keadaan kaku sebelumnya. Titik lebur (T_m) adalah suhu saat plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Di sini, molekul plastik bergerak lebih bebas dan plastik menjadi lebih mudah dibentuk. Temperatur dekomposisi merupakan batas aman pemanasan plastik. Jika melebihi batas ini, plastik akan rusak dan strukturnya terurai. Umumnya, dekomposisi plastik terjadi pada suhu di atas 1,5 kali T_g . Pengetahuan tentang sifat panas plastik ini membantu kita memilih metode daur ulang yang tepat, mencegah kerusakan plastik selama proses, dan menghasilkan produk daur ulang berkualitas tinggi. [8].

Tabel 1. Data Sifat Thermal Plastik

Jenis Plastik	T_m (°C)	T_g (°C)
HDPE	200°C-280°C	-110
LDPE	160°C-240°C	-115
PP	200°C-300°C.	5

[9]

2.2. Pirolisis

Pirolisis merupakan salah satu cara mendekomposisi suatu bahan plastik dengan menggunakan bantuan temperatur. Pada prosesnya, pirolisis dimulai pada saat temperatur tinggi tanpa melibatkan O_2 [10].

Pirolisis adalah proses termokimia yang mengubah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Proses ini dilakukan melalui pemanasan plastik pada temperatur 230-800°C. Pada temperatur tinggi, plastik tersebut meleleh, kemudian terurai menjadi gas. Selama proses berlangsung, rantai panjang hidrokarbon yang menyusun plastik akan terputus menjadi rantai pendek. Gas hasil pirolisis kemudian didinginkan sehingga mengalami kondensasi dan berubah menjadi cairan. ini adalah cairan yang bisa menjadi alternatif bahan bakar. [11].

2.2.1 Produk Pirolisis

1. Arang

Arang merupakan gumpalan karbon hitam yang didapat dari proses pembakaran, biasanya kayu, sampah, atau benda padat lainnya. Proses pembakaran ini tidak dilakukan secara sempurna sehingga arang tidak terbakar sepenuhnya. Arang memiliki ciri khas berwarna hitam, ringan, mudah hancur, dan menyerupai batubara. Kandungan karbon dalam arang cukup tinggi, yaitu sekitar 85% hingga 98%. Sisanya terdiri dari campuran berbagai zat kimia lain [12].

2. Asap Cair

Asap cair adalah hasil pengembunan dari uap hasil pembakaran bahan yang kaya karbon. Proses pembakaran bisa dilaksanakan secara langsung maupun tidak langsung. Pada pembakaran langsung, bahan baku dibakar secara terbuka, sedangkan pada pembakaran tidak langsung, asap dari pembakaran dialirkan melalui pipa dan didinginkan untuk menghasilkan asap cair [12].

3. Minyak Pirolisis

Minyak hasil pirolisis memiliki potensi sebagai alternatif bahan bakar solar pada mesin diesel. Minyak ini dapat digunakan untuk bahan bakar Tunggal ataupun dicampur dengan solar. Nilai kalor minyak pirolisis yang tidak jauh berbeda dengan solar menjadikannya pilihan yang layak. Namun, untuk meningkatkan performanya, beberapa sifat minyak pirolisis perlu diperbaiki [11].

3 Metode penelitian

Metode yang dapat digunakan pada pengujian ini merupakan pengujian eksperimen untuk mengetahui hasil dari pengaruh variasi jenis sampah plastik HDPE, LDPE, dan PP sebagai bahan baku proses pirolisis dengan masing-masing massa nya sebesar 1 kg yang

sudah di cacah dalam ukuran 1 x 1cm perbutirnya. Proses pirolisis menggunakan temperatur 400°C untuk memanaskan reaktor.

3.1. Alat

Untuk melancarkan penelitian ini, kita memerlukan beberapa perlengkapan penting. Bagian selanjutnya membahas alat dan bahan yang digunakan.

1. Kompor berfungsi untuk memanaskan Reaktor.
2. Reaktor berfungsi sebagai tempat pemanas atau pembakaran dan pengurai limbah sampah plastik.



Gambar 1. Reaktor

3. *Pressure Gauge* digunakan untuk memonitor tekanan yang terjadi di dalam tabung reaktor pada saat berlangsung proses pirolisis
4. Kondensor bekerja dengan cara mendinginkan uap atau gas, sehingga tekanannya turun dan berubah wujud menjadi cairan atau minyak. Udara dingin di sekitar kondensor membantu mempercepat proses pendinginan ini.
5. Termokopel berfungsi sebagai alat pengukur temperatur perpindahan panas yang terjadi di dalam kondensor.
6. *Flowmeter* berfungsi untuk mengukur debit air dari pompa menuju ke kondensor.
7. Pompa berfungsi untuk mengalirkan fluida pendingin dari *cooling tower* untuk masuk ke dalam kondensor dan akan kembali ke *cooling tower*.
8. *Cooling Tower* berguna untuk menurunkan temperatur fluida pendingin yang telah mengalami kenaikan suhu sebagai akibat dari pertukaran panas yang terjadi di kondensor.
9. Timbangan *Digital* berfungsi sebagai alat pengukur berat sampah plastik dan berat minyak yang dihasilkan.
10. Gelas Ukur berfungsi sebagai media untuk mengukur volume minyak pirolisis.

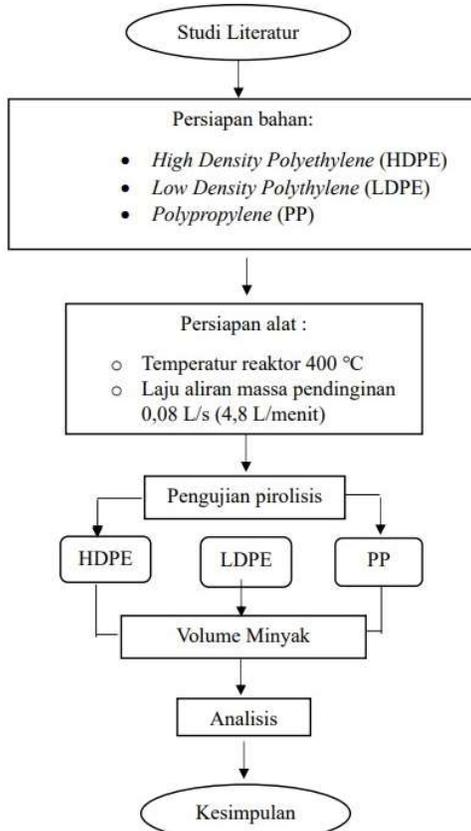
2.3. Bahan

Sampah plastik jenis *High Density Polyethylene* (HDPE) berupa kresak belanja, *Low Density Polyethylene* (LDPE) berupa polybag tanaman, dan *Polypropylene* (PP) berupa gelas plastik yang sudah dicacah berukuran 1 cm x 1 cm perbutirnya, massa sampah plastik sebesar 1 kg.



Gambar 2. Sampah plastik cacahan

2.4. Diagram alir penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Volume Minyak

Volume minyak yang dihasilkan dari penelitian yang dilakukan sebanding dengan berat bahan dasar plastik yang dipakai. Berat

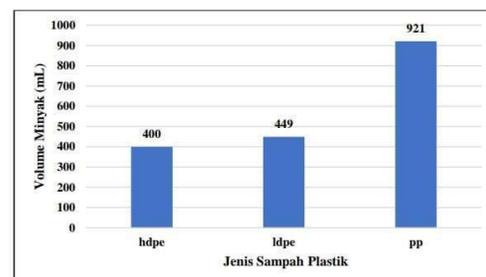
bahan dasar plastik yang dipakai adalah 1kg. Setiap jenis plastik yang digunakan, tetap dengan berat bahan yang sama. Sesuai dengan teorinya, bahwa semakin banyak bahan baku yang digunakan, akan semakin banyak pula proses pirolisis menghasilkan minyak. Berikut disajikan pada tabel 4.3. volume yang dihasilkan dalam setiap penelitian yang dilakukan pada jenis plastik yang berbeda.

Tabel 2. Hasil Volume Minyak

Jenis Plastik	Volume minyak (mL)
HDPE	400 mL
LDPE	449 mL
PP	921 mL

3.2. Pembahasan Volume Minyak

Dari grafik di bawah Penelitian ini mengungkapkan perbedaan volume minyak yang didapat saat pirolisis sampah plastik jenis PP, HDPE, dan LDPE. Sampah plastik PP menghasilkan minyak paling banyak, melebihi HDPE dan LDPE. Hal ini disebabkan oleh kemudahan dekomposisi plastik PP dan mudah menguapnya lelehan plastik PP dibandingkan HDPE dan LDPE. Proses pirolisis tidak bisa mengubah seluruh sampah plastik menjadi minyak, karena saat proses pirolisis akan ada gas yang tidak bisa di kondensasikan. Meskipun tidak semua plastik dapat diubah menjadi minyak, temuan ini menunjukkan potensi sampah plastik PP sebagai bahan dasar produksi bahan bakar alternatif Karena lebih mudah menguap, maka produksi gas akan lebih banyak. Dengan banyaknya gas yang terbentuk, maka kemungkinan gas tersebut dapat diubah fase menjadi cair akan lebih banyak pula. Dengan begitu volume minyaknya akan lebih besar dibandingkan dengan plastik jenis HDPE dan LDPE.



Gambar 4. Diagram Hasil Volume Minyak

5 Kesimpulan

Berdasarkan observasi dan pengujian terbaru, jenis plastik PP mendapatkan hasil minyak pirolisis lebih banyak daripada sampah

plastik jenis HDPE dan LDPE. Hal tersebut membuktikan bahwa sampah plastik PP memiliki potensi yang lebih besar untuk diolah menjadi bahan bakar alternatif menggunakan proses pirolisis yang telah teruji.

6. Daftar Pustaka

- [1] Nirmalasari R, Khomsani A A, Rahayu D N, 2021, *Pemanfaatan Limbah Sampah Plastik Menggunakan Metode Ecobrick di Desa Luwuk Kanan*, Jurnal Solma, pp. 469-477.
- [2] KLHK. (2022). *Dijen PSLB3 KLHK Didesak Miliki Langkah Terukur Tangani Volume Sampah*. Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia.
- [3] Purwaningrum P. (2016). *Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan*. JTL, 141-147.
- [4] Rahayu A, Rosti, Sartika, Trendrita M, & Hidayanti U. (2022). *Edukasi Bahaya Sampah Plastik untuk meningkatkan Kesadaran Cinta Lingkungan Masyarakat*. Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat, pp. 56-67.
- [5] Syaiful F L, & Hayati I. (2021). *Inovasi pengolahan sampah plastik menjadi jasa kreatif di kenagarian kinali kabupaten pasaman barat*. Jurnal Hilirisasi, Vol. 4, No 4.
- [6] Riandis J A, Setyawati A R, & Susandy A. (2021). *Pengolahan Sampah Plastik Dengan Metode Pirolisis Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurnal Chemurgy, pp. 8-14.
- [7] Bow Y, Zulkarnain, Sutini P L, steven R M S, Siti A K, & Yosirham A S. (2018). *Pengolahan Sampah LDPE dan PP Menjadi Bahan bakar Cair Akternatif menggunakan pirolisis thermal cracking*. Jurnal Kinetika, Vol. 9, No 03.
- [8] Surono U B. (2013). *Berbagai metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Janabadra Yogyakarta, Vol 3 No 1.
- [9] Budiyanoro C. (2010). *Thermoplastic dalam Industri*. Teknik Media, Surakarta.
- [10] Nugroho A S. (2020). *Pengolahan Limbah Plastik LDPE dan PP untuk Bahan bakar dengan cara Pirolisis*. Jurnal Litbang Sukowati, vol 4 no 1 hal 91-100.
- [11] Syamsiro M. (2015). *Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas*

Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. Jurnal Teknik, Vol 5 No 1.

- [12] Ridhuan K, Irawan D, Zanaria Y, & Firmansyah F. (2019). *Pengaruh Jenis Biomassa Pada Pembakaran Pirolisis Terhadap Karakteristik dan Efisiensi Bio Arang- Asap Cair yang dihasilkan*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Hal 18-27 Vol 20 No 1.



Manshuriin Minduro adalah seorang mahasiswa Universitas Udayana Program Studi Sarjana Teknik Mesin sejak tahun 2019. Fokus dalam penelitian bidang Konversi Energi dengan topik pirolisis sampah plastik sebagai tugas akhir untuk menempuh gelar Sarjana (S1).

Bidang penelitian yang diminati adalah topik-topik yang berkaitan dengan teknologi konversi, penyimpanan, dan manajemen energi.