

Pengolahan Sampah Plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) dan PET (*Polyethylene Terephthalate*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Pirolisis

Damian Andreas Lubis¹, Arifin¹, Y Fitriyaningsih¹, Suci Pramadita¹, Govira Christiadora Asbanu¹

¹ Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan hasil minyak yang diperoleh dari pengolahan sampah plastik jenis HDPE dan PET dengan membandingkan secara kualitatif dan kuantitatif bahan bakar minyak yang dihasilkan dari sampah plastik. Pengolahan sampah plastik menjadi minyak dengan pirolisis ini dilakukan dengan suhu 134°C-200°C selama 120 menit dengan jumlah sampah plastik yang diperlukan dalam 1 kali percobaan sebanyak 500 gram dengan 3 kali pengulangan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium (*Out Door*) Air Limbah, Limbah Padat, dan B3 Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura dengan parameter yang diuji diantaranya volume, massa jenis, dan viskositas. Hasil pirolisis di uji konsistensinya dengan menggunakan uji statistika non parametrik (Uji Mann Whitney). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, nilai parameter fisik berdasarkan perubahan volume, massa jenis, dan viskositas minyak hasil pirolisis dari sampah plastik High Density Polyethylene (HDPE) dengan rata-rata sebesar 74 mL, 769 kg/m³, dan 0,77 sentipoise (cP) dengan persentase rendemen minyak 11,37%, sedangkan pada minyak hasil pirolisis dari sampah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dengan rata-rata sebesar 27 ml, 794 kg/m³, dan 1,2 sentipoise (cP) dengan persentase rendemen minyak 4,29%. Sampah jenis HDPE lebih layak untuk dijadikan bahan bakar minyak alternatif dibandingkan sampah plastik jenis PET.

Kata kunci: HDPE, PET, plastik, pirolisis

ABSTRACT

This study aims to compare the yield of oil obtained from processing HDPE and PET plastic waste by comparing qualitatively and quantitatively with fuel oil produced from plastic waste. Processing of plastic waste into oil by pyrolysis is carried out at a temperature of 134°C-200°C for 120 minutes with the amount of plastic waste required in 1 experiment is 500 grams with 3 repetitions. This research was conducted at the Wastewater, Solid Waste, Hazardous and Toxic Material Laboratory of the Faculty of Engineering, Tanjungpura University with the parameters tested including volume, density, and viscosity. The results of pyrolysis were tested for consistency by using non-parametric statistical tests (Mann-Whitney Test). The results showed that the physical parameter values were based on changes in volume, density, and viscosity of the pyrolysis oil from High-Density Polyethylene (HDPE) plastic waste with an average of 74 mL, 769 kg/m³, and 0,77 centipoise (cP). with an oil yield percentage of 11,37%, while the pyrolysis oil from Polyethylene Terephthalate (PET) plastic waste with an average of 27 ml, 794 kg/m³, and 1,2 centipoise (cP) with an oil yield percentage of 4.29 %. HDPE waste is more suitable to be used as alternative fuel oil than PET plastic waste.

Keywords: HDPE, PET, plastic, pyrolysis

Citation: Lubis D.A., Arifin., dan Fitriyaningsih, Y. 2022. Pengolahan Sampah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Pirolisis. Jurnal Ilmu Lingkungan, 20(4), 735-742, doi:10.14710/jil.20.4.735-742

1. Pendahuluan

Plastik adalah salah satu produk yang sangat membantu pekerjaan manusia. Plastik juga dapat dijadikan wadah/kemasan dari suatu produk. Plastik memiliki keunggulan dibandingkan dengan kemasan lain yaitu mudah dibentuk, bahan dasar yang beragam, mudah diproduksi secara massal, dan biaya produksi yang relatif rendah. Tingginya konsumsi plastik meningkatkan jumlah sampah yang

dihasilkan dan menimbulkan permasalahan lingkungan (Hwang dkk., 2006).

Peningkatan penggunaan plastik berakibat meningkatnya sampah plastik. Indonesia adalah negara kepulauan yang rentan dengan timbulan sampah yang tinggi (Jambeck et al, 2015) mengatakan bahwa Indonesia berada pada posisi kedua tertinggi di dunia setelah Cina sebagai penghasil sampah plastik. Indonesia merupakan penghasil sampah plastik terbesar kedua di dunia

setelah China, yang menghasilkan sekitar 3,2 juta metrik ton per tahun.

Proses daur ulang (*recycling*) sangat dikenal saat ini, dimana sampah plastik akan dilebur lagi menjadi bahan baku plastik dengan kualitas yang lebih rendah. Daur ulang plastik terbatas sampai kualitasnya buruk dan tidak dapat didaur ulang lagi. Faktanya, sangat sedikit sampah plastik yang dapat didaur ulang dan bahan hasil daur ulang dianggap tidak efisien karena kualitasnya yang sangat buruk. Plastik juga memiliki nilai kalor yang cukup tinggi, mencapai 40 MJ/kg, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar (Syamsiro dan Arbiyantoro, 2014). Pirolisis adalah proses degradasi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen (proses termokimia), dalam mendegradasi bahan plastik dibutuhkan suhu antara 300-500 °C untuk menjadi gas kemudian dikondensasikan, kemudian disuling untuk menghasilkan minyak dan residu yang menjadi arang (Istoto et al, 2019). Terdapat 3 fraksi di reaktor pertama saat air mulai menguap, fraksi kedua saat bahan baku didekompresi menjadi gas, fraksi ketiga saat pemanasan terus menerus menghasilkan sisa padatan yang tersisa di reaktor. Gas yang dihasilkan dialirkan melalui pipa dan dikondensasikan menjadi produk cair. Efisiensi pirolisis sampah plastik terjadi pada suhu 420°C. Produk cair memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga mudah terbakar. Hasil pirolisis adalah produk cair, gas dan sisa padatan dikumpulkan secara terpisah untuk tujuan yang bermanfaat (Arahim et al, 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya lebih untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan yang lebih bermanfaat, seperti bahan bakar minyak sintetis yang menggantikan bensin, solar, atau bahan bakar minyak lainnya. Upaya ini bisa dilakukan karena plastik pada dasarnya dibentuk dari minyak bumi, sehingga sangat memungkinkan untuk mengembalikannya ke bentuk semula.

2. Metode Penelitian

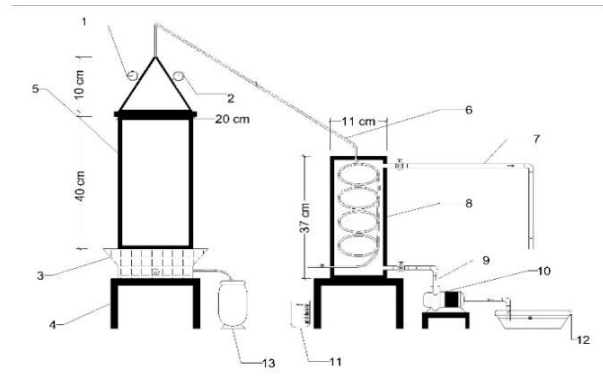
2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan reaktor pirolisis seperti pada Gambar 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik jenis HDPE (High Density Polyethylene) dengan jumlah sampah sebanyak 1,5 kg dan PET (Polyethylene Terephthalate) sebanyak 1,5 kg, balok es sebanyak 2 buah, gas LPG 5 kg, air bersih 20 liter, deterjen 500 ml.

2.2 Cara Kerja

Proses pirolisis dilakukan dengan langkah awal mencuci sampel sampah plastik dengan deterjen dan penjemuran sampel sampah plastik (Reksi, 2021). Sampah plastik dipotong dengan ukuran 4 – 5 cm dan dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis. Reaktor pirolisis dipanaskan dengan menggunakan kompor gas LPG hingga suhu mencapai 140-220°C (Sumartono, 2015). Es Batu

dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air dan pompa air. Pompa air dioperasikan secara kontinu. Proses pirolisis dilakukan dengan waktu 120 menit (Didik Iswadi, 2017). Pengukuran volume minyak yang terbentuk setelah proses pirolisis selesai dan menempatkan minyak tersebut ke dalam wadah. Proses pirolisis dilakukan terhadap masing-masing jenis sampah plastik HDPE dan PET.



Gambar 1. Desain Reaktor Pirolisis, (1) Termometer, (2) Pressure gauge, (3) Kompor gas, (4) Rangka besi, (5) Reaktor pirolisis, (6) Pipa kondensor, (7) Pipa Outlet air, (8) Wadah kondensasi, (9) Pipa inlet air, (10) Mesin pompa air, (11) Gelas ukur 1000 ml, (12) Bak penampung air, (13) Tabung gas 5 kg.

2.3 Metode Analisis Data

Klasifikasi bahan bakar minyak hasil pirolisis dengan parameter nilai densitas dan viskositas dilakukan dengan membandingkan nilai densitas dan viskositas masing-masing sampel sampah plastik berdasarkan jenisnya. Analisis data yang digunakan adalah uji statistik nonparametrik dengan menggunakan jenis metode Uji Mann Whitney dengan menggunakan software Minitab18. Uji Mann Whitney bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh proses pirolisis terhadap konsistensi kualitas sampah plastik jenis sampah HDPE (botol oli bekas) dan PET (botol plastik)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Parameter Fisik Sampel Minyak Hasil Pirolisis

Berdasarkan parameter fisik yaitu warna dan bau yang dapat dilihat pada Gambar 2., sampel minyak dari plastik jenis HDPE memiliki karakteristik warna kuning oranye dan terdapat endapan serta berbau menyerupai minyak tanah, sedangkan sampel minyak dari plastik jenis PET memiliki karakteristik warna kuning oranye pekat serta berbau lebih menyengat dibanding sampel minyak dari plastik jenis HDPE, berdasarkan penelitian Pareira (2009) minyak hasil pirolisis ini mudah terbakar, mengeluarkan jelaga, dan baunya menyengat.



Gambar 2. Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik HDPE dan PET

3.2 Hasil Pengujian Volume Cair, Densitas, dan Viskositas

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada Tabel 1., dapat diketahui bahwa minyak yang dihasilkan dari proses pirolisis jenis HDPE dengan persentase rata-rata 11,37 % dan PET 4,29 %. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Sumartono (2015) yang menyatakan bahwa jenis plastik jenis plastik yang menghasilkan bahan bakar minyak paling banyak adalah jenis plastik HDPE.

Tabel 1. Rekapitulasi Produk Pirolisis

Sampel	Massa Plastik (gr)	Volume (ml)	Rata-rata Persentase Minyak (%)
HDPE I	500	51	11,37
HDPE II	500	84	
HDPE III	500	87	
PET I	500	25	4,29
PET II	500	27	
PET III	500	29	

Sumber Data : Hasil Analisis, 2021

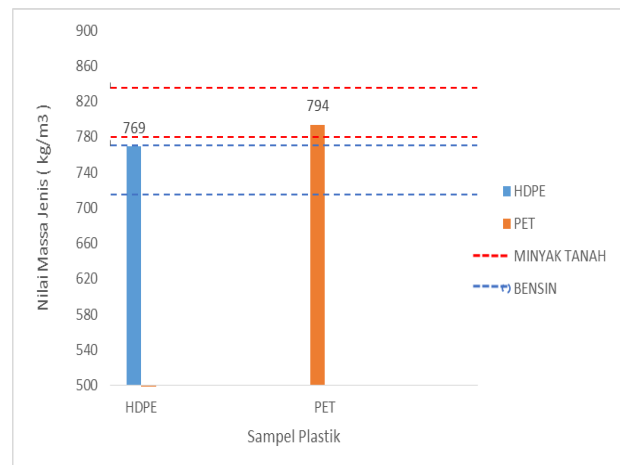
Minyak dari jenis plastik HDPE memiliki kuantitas volume minyak yang lebih banyak dibandingkan jenis plastik PET. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Sumartono (2019) yang menyebutkan bahwa jenis plastik yang menghasilkan bahan bakar minyak (BBM) paling banyak adalah jenis plastik High Density Polyethylene (HDPE).

Perbedaan nilai yang sangat jauh ini dikarenakan proses pirolisis pada jenis sampah PET proses pembakaran yang terjadi kurang sempurna, dalam hal ini suhu yang tinggi sangatlah berpengaruh dalam waktu termal. Kenaikkan suhu reaksi seiring dengan waktu reaksi yang berlangsung mengakibatkan komposisi dari produk pirolisis berkembang menjadi komponen yang lebih stabil.

Menurut Arjal dan Rafidah (2020) dekomposisi limbah yang sempurna dijabarkan dengan proses kenaikan suhu diantaranya pada suhu 100-200°C berlangsung proses pengeringan dengan pemanasan (dehidrasi), pada suhu 250°C berlangsung proses berupa hilangnya cairan dan karbon dioksida (evolusi hidrogen), pada suhu 340°C terjadi proses putusnya rantai karbon makromolekul, pada suhu 380°C berlangsung tahap pirolisis, dan pada suhu 400°C berlangsung pecahnya rantai C-O dan C-H. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan karena suhu reaksi tidak mencapai 400°C.

Penelitian ini sejalan dengan Surono (2016) yang menyatakan pada penelitian yang dilakukan plastik jenis PET (Polypropylene Terephthalate) tidak menghasilkan minyak sama sekali. Material yang keluar dari kondensor semacam serbuk yang berwarna kuning. Serbuk ini bahkan menemprl di sepanjang saluran pipa. Dari hasil ini diketahui bahwa plastik jenis PET tidak potensial untuk diolah menjadi bahan bakar minyak. Pengaruh suhu pada proses ini menyebabkan bahan yang mudah menguap semakin besar sehingga plastik yang terdekomposisi lebih optimal dan dapat menghasilkan kenaikan hasil minyak yang optimal pada saat proses pirolisis berlangsung.

Sampah plastik yang dinilai lebih layak untuk dijadikan bahan bakar minyak adalah sampah jenis HDPE. Hal ini dikarenakan sampah jenis HDPE dalam kategori ikatan antar molekulnya terjadi secara bersilang, dengan bentuk ikatan ini sangat memungkinkan sampah jenis HDPE memiliki ketahanan suhu yang tinggi sehingga pada suhu yang optimum proses pirolisis sampah plastik menghasilkan minyak dengan volume yang banyak. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian Waryat dkk (2013) yang mengatakan bahwa HDPE mempunyai rantai yang lebih bercabang, sehingga dibutuhkan temperatur yang lebih tinggi untuk melelehkan molekul polimer.



Gambar 3. Grafik Nilai Rata-Rata Densitas Minyak Hasil Pirolisis

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan diketahui nilai densitas dari masing-masing jenis sampah maka hasil nilai densitas diklasifikasikan menurut SNI 7390-2008, SNI 3506-2017, Kep. DJM No. 3675 K/24/DJM/2008, Kep. DJM No. 14499K/14/DJM/2008 yang dapat dilihat pada Tabel 4. Nilai massa jenis untuk setiap jenis sampah plastik berbeda-beda, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai densitas minyak pirolisis PET lebih tinggi dibandingkan dengan nilai densitas pirolisis HDPE. Berdasarkan tabel dan grafik dapat diketahui hasil pengujian masuk ke dalam jenis densitas bensin yaitu sebesar 715-850 kg/m³ yang disesuaikan kembali dengan tabel standar dan mutu (spesifikasi) Bahan Bakar MInyak. Nilai rata-rata densitas minyak plastik

HDPE masuk ke dalam nilai densitas bahan bakar Bensin 88 (SNI 3506-2017), lebih baik dari nilai densitas rata-rata minyak plastik PET yang masuk ke dalam nilai densitas minyak tanah. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas minyak hasil pirolisis jenis HDPE lebih baik daripada minyak hasil pirolisis jenis PET. Hasil dan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3.

Menurut Rahmaniah dkk (2016), semakin besar nilai massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Menurut Sugiarto dkk (2020) data densitas diperoleh pada berbagai massa umpan pirolisis, dimana nilai densitas bahan bakar konvensional yaitu premium sebesar 0,7471 g/ml dan nilai densitas minyak tanah sebesar 0,8 g/ml.

Viskositas (kekentalan) adalah sifat yang menentukan besarnya gaya geser yang disebabkan oleh pengaruh timbal balik antara molekul-molekul fluida. Nilai kuantitatif dari viskositas dapat dihitung dengan membandingkan gaya tekan per satuan luas dengan gradien kecepatan fluida. Menurut pernyataan Rahmaniah dkk (2016), semakin kental suatu cairan, maka semakin besar pula gaya yang dibutuhkan untuk membuat cairan tersebut mengalir pada kecepatan tertentu.

Tabel 3. Viskositas Minyak Hasil Pirolisis

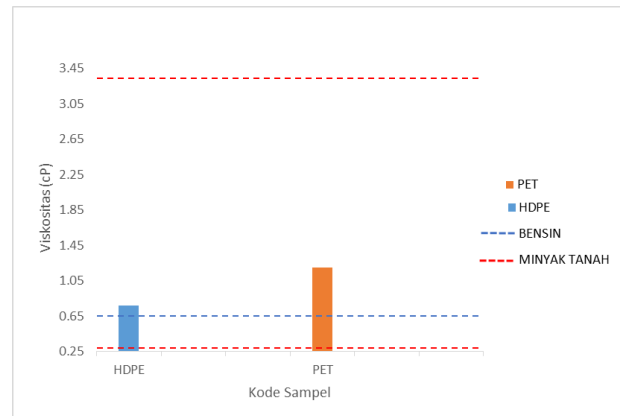
Kode Sampel	Viskositas (µs/ml)	Viskositas (cP)	Rata - Rata Viskositas (cP)
HDPE I	0,736 x 10 ⁻³	0,74	0,77
HDPE II	0,739 x 10 ⁻³	0,74	
HDPE III	0,821 x 10 ⁻³	0,82	
PET I	1,101 x 10 ⁻³	1,1	1,2
PET II	1,256 x 10 ⁻³	1,3	
PET III	1,159 x 10 ⁻³	1,2	

Sumber data : Hasil Analisis 2021

Pada hasil penelitian yang telah didapatkan nilai viskositas rata-rata minyak hasil pirolisis jenis HDPE yang diperoleh dari perhitungan sebesar 0,77 (cP), sedangkan minyak hasil pirolisis jenis PET memiliki nilai viskositas rata-rata sebesar 1,2 (cP). Hasil ini menunjukkan nilai viskositas HDPE lebih rendah dibandingkan dengan nilai viskositas PET. Pernyataan ini juga didukung dengan penelitian Rahmaniah dkk (2016) yang menyatakan bahwa jenis plastik yang memiliki nilai viskositas minyak yang paling tinggi adalah jenis plastik Polyethylene Terephthalate (PET).

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan nilai viskositas untuk setiap jenis sampah plastik berbeda-beda, hasil dan perbandingan kualitas minyak hasil pirolisis dari viskositas dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai viskositas minyak pirolisis

jenis PET lebih tinggi dibandingkan dengan nilai densitas pirolisis minyak jenis HDPE.



Gambar 4. Grafik Nilai Rata-Rata Viskositas Minyak Hasil Pirolisis

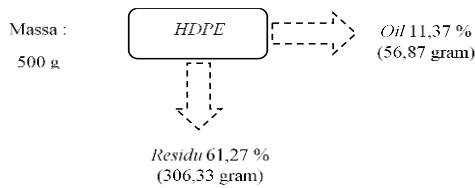
Menurut hasil penelitian Sugiarto dkk (2020), semakin rendah nilai viskositas, semakin baik bahan bakar minyak semakin baik karena semakin cair minyak, semakin mudah untuk mengalir. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa minyak pirolisis jenis HDPE lebih baik dibandingkan dengan PET. Perbedaan nilai viskositas antara minyak hasil pirolisis plastik jenis PET dan HDPE disebabkan oleh perubahan suhu yang digunakan selama pirolisis dan mempengaruhi minyak pirolisis. Nilai parameter yang diuji dapat diketahui rata-rata viskositas dari kedua jenis minyak hasil pirolisis sampah plastik masuk ke dalam range viskositas jenis bahan bakar minyak tanah.

2. Pengaruh Pengolahan Pirolisis Terhadap Pengurangan Sampah

Berdasarkan UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengurangan sampah meliputi kegiatan pembatasan, penggunaan kembali, dan daur ulang. Pendaauran ulang sampah terdapat berbagai macam cara dalam pengolahan sampah, salah satu cara efektif untuk mengolah sampah yang bernilai non ekonomis adalah proses pirolisis dengan merubah sampah plastik menjadi minyak bahan bakar yang bernilai ekonomis. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rachmawati (2015) yang menyatakan bahwa metode pirolisis merupakan salah satu metode pengolahan sampah yang dapat digunakan untuk mereduksi sampah. Pirolisis dapat digunakan untuk mengolah limbah rumah tangga, seperti limbah campuran/makanan, limbah buah dan sayur, limbah kertas, limbah plastik, dan limbah tekstil.

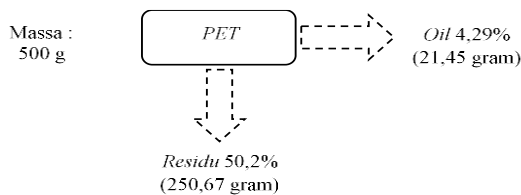
Menurut penelitian Rachmawati (2015) pengolahan sampah dengan pirolisis rata-rata menghasilkan 52,2% wax, 25,2% char/residu, dan 22,6% gas. Studi tersebut menyatakan bahwa proses pirolisis dapat mengubah sampah menjadi bahan bakar. Cairan yang dihasilkan dari proses pirolisis merupakan campuran kompleks senyawa organik seperti stirena, etil-benzena, toluena, dan lain-lain.

Proses pirolisis menghasilkan padatan yang mengandung char/residu dan bahan anorganik yang terkandung dalam bahan baku. Skema pirolisis masing-masing sampah plastik jenis HDPE dan PET yakni sebagai berikut.



Gambar 5. Skema Pirolisis HDPE

Besar persentase rata-rata potensi pengurangan (reduksi) sampah dari 3 kali perlakuan pada 500 gram sampah plastik HDPE dengan proses pirolisis yaitu sebesar 11,37% (56,87 gram) yang menjadi minyak bahan bakar alternatif, sedangkan produk lain dari proses pirolisis ini menjadi residu dengan rata-rata persentase sebesar 61,27% dalam berupa wax (303,33 gram). Hasil akhir/produk dari proses pirolisis ini terdiri dari 2 jenis yaitu minyak (*oil*) dan residu (*wax*). Hal ini sesuai dengan penelitian Rachmawati (2015) yang mengatakan bahwa hasil akhir dari proses pirolisis yang menggunakan massa 500 gram sampel sampah plastik HDPE menghasilkan 14,60% gas, wax 69,91%, dan char 15,49%.



Gambar 6. Skema Pirolisis PET

Besar persentase rata-rata pengurangan (reduksi) sampah dari 3 kali perlakuan pada 500 gram sampah plastik PET dengan proses pirolisis sebesar 4,29% (21,45 gram) yang menjadi minyak bahan bakar alternatif, sedangkan produk lain dari proses pirolisis ini menjadi residu dengan rata-rata besar persentase 50,2% dalam berupa char (250,67 gram). Hasil akhir/produk dari proses pirolisis ini terdiri dari 2 jenis yaitu minyak (*oil*) dan residu (*char*). Hal ini sesuai dengan penelitian Rachmawati (2015) yang mengatakan bahwa hasil akhir dari proses pirolisis yang menggunakan massa 500 gram sampel sampah plastik PET menghasilkan gas 45,40%, wax 39,4%, dan char 18,18%.

Tabel 4. Rekapitulasi Persentase Minyak dan Residu

No.	Sampel	Persentase Minyak (%)	Persentase Residu (%)	Rata-Rata Persentase Minyak (%)	Rata-Rata Persentase Residu (%)
1	HDPE I	7,87	63	11,37	61,26

2	HDPE II	12,87	60,6	4,29	50,2
3	HDPE III	13,38	60,2		
4	PET I	3,95	50,6		
5	PET II	4,34	50,2		
6	PET III	4,59	49,8		

Sumber data hasil analisis 2021

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan bahwa jenis sampah plastik yang telah terolah paling banyak adalah jenis PET yang dapat dilihat pada rata-rata persentase minyak sebesar 4,29%. Rata-rata persentase residu terbesar sebesar 61,26% yang merupakan residu dari sampah plastik jenis HDPE. Namun residu yang dihasilkan dari sampah plastik jenis HDPE masih tergolong ke dalam jenis wax (lilin) sedangkan residu dari sampah plastik jenis PET masuk ke dalam jenis char (arang) yang tidak bisa lagi diolah menjadi minyak. Hal ini sesuai dengan pernyataan Jung dkk (2006) dalam penelitian Rachmawati (2015) yang mengatakan bahwa padatan hasil proses pirolisis sampah HDPE apabila dilakukan pengolahan lanjutan dapat digunakan sebagai bahan bakar padat alternatif. Pada fase cair/wax, kandungan zat kimia terdiri dari benzena, toluena, naphthalena, dan zat aromatik lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa sampah plastik jenis HDPE berpotensi untuk dapat diolah kembali.

Menurut penelitian Fitria dan Khatulistiwa (2015), pada tahun 2014 total timbulan sampah di Kota Pontianak sebesar 125.360,37 ton/tahun dengan persentase komposisi sampah plastik 8,9% dari total timbulan sampah, dari data tersebut dapat diketahui jumlah sampah plastik yang masuk sebesar 11.157,07 ton/tahun. Sedangkan menurut Asdiantri dkk (2016) jumlah timbulan sampah perumahan Kota Pontianak sebesar 2.240,59 kg/hari.

Pengurangan sampah plastik dapat dilakukan dengan mengolah sampah plastik menjadi minyak yang berada di Kota Pontianak, maka dapat diketahui nilai besaran pengurangan sampah plastik HDPE dan PET. Jika dalam satu hari dapat memproduksi minyak bahan bakar dengan total rata-rata volume minyak 74 ml dan 27 ml untuk masing-masing jenis sampah plastik HDPE dan PET maka persentase pengurangan sampah plastik di Kota Pontianak yang dapat dilakukan dengan cara pirolisis dapat dikurangi sebesar 0,0106%/hari atau setara dengan 90 kg/bulan atau setara dengan 1.080 kg/tahun dengan banyaknya sampah yang digunakan dalam sehari sebanyak 3 kg sampah plastik. Persentase pengurangan sampah plastik dapat menjadi lebih besar jika produksi minyak dilakukan dalam skala yang lebih besar.

Pengolahan sampah plastik menjadi minyak berperan dalam mengurangi jumlah sampah yang berkaitan dengan konsep 3R (Reuse, Reduce, dan Recycle). Maksud dari 3R yaitu memakai berulang kali, mengurangi penggunaan, dan mendaur ulang. Menurut Iswadi dkk (2017), Reuse adalah penggunaan barang plastik secara berulang. Reduce adalah mengurangi pembelian atau penggunaan

barang plastik, terutama barang sekali pakai. Recycle adalah daur ulang barang-barang plastik. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini menerapkan konsep 3R, dimana penelitian ini menggunakan barang-barang yang terbuat dari plastik yang masing-masing berjenis HDPE dan PET berulang kali.

Pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif dengan metode pirolisis merupakan salah satu pengelolaan sampah yang paling tepat, dimana penelitian Nurhayati dkk (2018) menyatakan pengelolaan sampah plastik dengan cara 3R (Recycling, Reduce, Reuse) yang hanya dilakukan sebanyak 10% oleh masyarakat Indonesia memiliki potensi yang lebih besar kapasitasnya untuk mencapai zero waste. Zero Waste yaitu dapat dimulai dari produksi hingga akhir proses produksi, menghindari timbulan sampah dan meminimalkan sampah (Santoso, 2010 dalam Dwiyanto, 2011). Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan sampah plastik jenis HDPE dan PET yang berkaitan dengan konsep 3R sesuai dengan UU No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah yaitu pengurangan sampah meliputi kegiatan pembatasan, penggunaan kembali, dan pendauran ulang.

Tabel 5. Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak

No.	Jenis Bahan Bakar	Parameter	Nilai
1	Minyak Solar*	Viskositas (cP) Densitas (kg/m ³)	2 - 4,5 820 - 850
2	Minyak Solar 48**	Viskositas (mm ² /s) Densitas (kg/m ³)	2,5 - 5 815 - 870
3	Minyak solar 51**	Viskositas (mm ² /s) Densitas (kg/m ³)	2 - 4,5 820 - 860
4	Bensin*	Viskositas (cP) Densitas (kg/m ³)	0,652 715 - 850
5	Bensin 88***	Densitas (kg/m ³)	715 - 770
6	Minyak Diesel 1**	Viskositas (mm ² /s) Densitas (kg/m ³)	2,5 - 11 900
7	Minyak Diesel 2**	Viskositas (mm ² /s) Densitas (kg/m ³)	24 920
8	Minyak Tanah*	Viskositas (cP) Densitas (kg/m ³)	0,294 - 3,34 780 - 810
9	Minyak Tanah**	Densitas (kg/m ³)	835

Sumber *SNI 7390-2008 dalam Rahmaniah 2015, ** Kep. DJM No.14499K/14/DJM/2008, *** SNI 3506 - 2017

3.2 Uji Statistika (Uji Mann Whitney)

Dua sampel independen adalah dua kelompok yang merupakan responden yang berbeda. Dua sampel independen itu dibentuk untuk kepentingan pemberian perlakuan. Sampel independen dalam penelitian ini adalah jenis plastik HDPE dan PET yang akan di analisis dengan uji Mann Whitney. Metode pengujian yang digunakan merupakan tes kemungkinan yang eksak untuk menguji statistika nonparametrik.

Mann-Whitney: HDPE, PET

Method

η_1 : median of HDPE

η_2 : median of PET

Difference: $\eta_1 - \eta_2$

Descriptive Statistics

Sample	N	Median
HDPE	3	769
PET	3	791

Estimation for Difference

Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
-23	(-37, -17)	91.91%

Test

Null hypothesis $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

W-Value	P-Value
6.00	0.081

Gambar 5. Hasil uji Mann Whitney Untuk Parameter Densitas

Berdasarkan hasil uji Mann Whitney untuk parameter densitas, didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,081 yang disajikan pada Gambar 5. Nilai signifikansi menunjukkan tidak terdapat perbedaan Mean dan Median yang bermakna antara variabel HDPE dan PET, dikarenakan nilai P-Value (nilai sig) lebih besar dari batas kritis (α) sebesar 0,05 maka H_0 diterima. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan nyata antara sampel HDPE dan PET berdasarkan kualitas dengan parameter densitas. Hasil pengujian statistik ini sama dengan hasil pengujian yang menunjukkan bahwa nilai densitas sampel HDPE dan PET mendekati nilai densitas bensin 88 (SNI 3506-2017) dengan kisaran 715-850 kg/m³.

Mann-Whitney: HDPE, PET

Method

η_1 : median of HDPE

η_2 : median of PET

Difference: $\eta_1 - \eta_2$

Descriptive Statistics

Sample	N	Median
HDPE	3	0.000739
PET	3	0.001256

Estimation for Difference

Difference	CI for Difference	Achieved Confidence
-0.0005170	(-0.0008540, -0.0002800)	91.91%

Test

Null hypothesis $H_0: \eta_1 - \eta_2 = 0$

Alternative hypothesis $H_1: \eta_1 - \eta_2 \neq 0$

W-Value	P-Value
6.00	0.081

Gambar 6. Hasil Uji Mann Whitney Untuk Parameter Viskositas

Hasil pengujian Mann Whitney untuk parameter viskositas didapatkan nilai signifikansi sebesar 0.081 pada Gambar 6 dimana nilainya lebih besar dari batas kritis 0,05 sehingga keputusan

hipotesis menerima H0 kesimpulan yang didapat yaitu bahwa tidak ada perbedaan nyata antara sampel HDPE dan PET berdasarkan klasifikasi dengan nilai parameter viskositas, dimana sampel-sampel dari kedua jenis plastik tersebut memiliki nilai viskositas yang berada pada kisaran yang sama, yang tergolong dalam klasifikasi minyak tanah.

4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini yaitu nilai parameter fisik hasil pengolahan 500 gram sampah plastik dengan volume, massa jenis, dan viskositas minyak hasil pirolisis dari sampah plastik High Density Polyethylene (HDPE) dengan rata-rata sebesar 74 mL, 769 kg/m³, dan 0,77 sentipoise (cP), sedangkan pada minyak hasil pirolisis dari sampah plastik Polyethylene Terephthalate (PET) dengan rata-rata sebesar 27 ml, 794 kg/m³, dan 1,2 sentipoise (cP). Berdasarkan hasil analisis kuantitas dan kualitas dari masing-masing jenis sampah bahwa sampah jenis HDPE lebih layak untuk dijadikan bahan bakar minyak alternatif dibandingkan sampah plastik jenis PET. Berdasarkan nilai rata-rata massa jenis didapatkan bahwa minyak hasil pirolisis sampah plastik jenis HDPE mendekati bahan bakar konvensional premium.

Penelitian ini menerapkan konsep 3R, dimana penelitian ini menggunakan barang-barang yang terbuat dari plastik yang masing-masing berjenis HDPE dan PET berulang kali. Dengan tingkat persentase pengurangan sampah plastik di Kota Pontianak yang dapat dilakukan dengan cara pirolisis dapat dikurangi sebesar 0,00058%/hari atau setara dengan 90 kg/bulan atau setara dengan 1.080 kg/tahun dengan banyaknya sampah yang digunakan dalam sehari sebanyak 3 kg sampah plastik. Hasil analisis statistika non parametrik dengan metode uji Mann Whitney yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata dari kedua sampel HDPE dan PET. Nilai signifikansi dari uji densitas dan viskositas menunjukkan nilai yang sama yaitu sebesar 0.081 sehingga hipotesis dapat diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaydrus, F., Arifin., dan Halimuddin, H. A. 2017. Potensi Penambahan Nilai Ekonomi Pada Konversi Sampah Plastik Nonekonomis Menjadi Bahan Bakar Minyak Alternatif Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Teknik Lingkungan Lahan Basah*. Vol. 5, No. 1.
- Arjal, T., dan Rafidah. 2020. Pengolahan Limbah Plastik Jenis Polyethelene Terephthalate (PET) Dan High Density Polyethelene (HDPE) Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Sulolipu : Media Komunikasi Sivas Akademika dan Masyarakat*. Vol. 20, No. 2.
- Arahim, A.A., Widayat, dan Hadiyanto. 2020. Liquid Fuel Production from Motorized Vehicle Tires with Pyrolysis Process. *AIP Conference Proceedings*. Universitas Diponegoro : Semarang.
- Asdiantri, A., Fitrianiingsih, Y., Fitria, L. 2016. Analisis Potensi Nilai Ekonomi Sampah Perumahan Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Lingkungan Lahan Basah*. Vol. 3, No. 1.
- Dwiyanto, B.M. 2011. Model Peningkatan Partisipasi Masyarakat dan Penguatan Sinergi Dalam Pengelolaan Sampah Perkotaan. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. Vol. 12, No. 2. Semarang : Universitas Diponegoro.
- Fitria, L., dan Khatulistiwa, R. M. 2015. Kajian Potensi Daur Ulang Sampah Plastik Di Kota Pontianak Kalimantan Barat. *Seminar Nasional Riset Terapan 2015*. ISBN: 978-602-73672-0-3.
- Hwang, K.J., Park, J.W., Kim, L., Ha, C.S. dan Kim, G.H. 2006. Effect of compatibilizer on the microstructure and properties of partially biodegradable LDPE/aliphatic polyester/organoclay nanocomposites. *Macro molecular Research* 14(2): 179-186.
- Istoto, E.H., Widayat, and Saptadi S. 2019. Production of Fuels From High Density Polyethylene and Low Density Polyethylene Plastic Wastes via Pyrolysis Methods. *Iranian Journal of Energy & Environment*. Vol. 125
- Iswadi, D., Nurisa, F., dan Liastuti, E. 2017. Pemanfaatan Sampah Plastik LDPE Dan PET Menjadi Bahan Bakar Minyak Dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, Vol. 1 No. 2. Banten : Universitas Pamulang.
- KEP. DJM No. 3675 K/24/DJM/2008. Standard Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Solar Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri
- KEP. DJM No. 14499K/14/DJM/2008. Standard Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Minyak Diesel Yang Dipasarkan Di Dalam Negeri
- Nuhayati., Viridi S., Asmara, P. A., dan Aina Z. 2018. Rancang Bangun Alat Pirolisis Sederhana untuk Mengolah Limbah Plastik Polipropilena (PP) Menjadi Bahan Bakar Cair (BBC). *PROSIDING SNIPS 2018*. ISBN: 978-602-61045-4-0.
- Purwaningrum, P. 2016. Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik Di Lingkungan. *JTL*. Vol. 8, No. 2.
- Rachmawati, Q., Herumurti W. 2015. Pengolahan Sampah secara Pirolisis dengan Variasi Rasio Komposisi Sampah dan Jenis Plastik. *JURNAL TEKNIK ITS* Vol. 4, No. 1. ISSN 2337-3539.
- Rahmaniah., Nurhalimah., dan Sahara. 2015. Uji Kualitas Fisis Pengolahan Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknosains* Vol.10 No.2. Makassar : Universitas Islam Negeri (UIN) Alaudin.
- Reksi, R., Jati, R. D., Fitrianiingsih, Y. 2021. Perbandingan Kuat Tekan Bata Plastik Berjenis Polypropylene (PP) Polyethylene Terephthalate (Pet) Dan High Density Polyethylene (HDPE).
- Santoso, J. 2010. Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Performasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik. *Surakarta: Universitas Sebelas Maret*.
- SNI 3506. 2017. Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88.
- Sumartono. 2019. Produksi Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik HDPE Dan PETE 1 Kg. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*. Vol. 2, No. 2. ISSN 2622-7398.
- Surono, B.U., dan Ismanto. 2016. Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Thermal*. Vol. 1, No. 1.

- Lubis D.A., Arifin., dan Fitrianiingsih, Y. 2022. Pengolahan Sampah Plastik HDPE (High Density Polyethylene) dan PET (Polyethylene Terephthalate) sebagai Bahan Bakar Alternatif dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(4), 735-742, doi:10.14710/jil.20.4.735-742
- Sugiarto, B., Arfianto, J. R., dan Monika, K. 2020. Pembuatan Bahan Bakar Minyak (BBM) dari Sampah Plastik Menggunakan Proses Pirolisis. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan". Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*. ISSN 1693-4393. Yogyakarta : Universitas Pembangunan Nasional "Veteran".
- Syafii, I., Dharma, A.K., Rahman, M.I., Habib, A., Abdullah, S., dan Nurhayati, A. 2016. *Proses Manufaktur Material Polimer Termosetting*. Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z., dan Yoshikawa, K. 2014. Fuel Oil Production from Municipal Plastik Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. *Conference and Exhibition Indonesia Renewable Energy and Energy Conservation*.13
- Undang-Undang No. 18. 2008. *Tentang Pengelolaan Sampah*
- Waryat, R. M., Suryani A., Yuliasih I., dan Johan S. 2013. Karakteristik Morfologi, Termal, Fisik-Mekanik, Dan Barrier Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Komposit Pati Termoplastik LLDPE/HDPE. *AGRITECH*. Vol. 33, No. 2.
- Wulandari, A., Waluyo, S., dan Novita, D. D. 2013. Prediksi Umur Simpan Kerupuk Kemplang Dalam Kemasan Plastik Polipropilen Beberapa Ketebalan. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 2, No. 2