



AGROINDUSTRIAL TECHNOLOGY JOURNAL

ISSN : 2599-0799 (print) ISSN : 2598-9480 (online)

Accredited SINTA 5 No.85/M/KPT/2020

**PEMANFAATAN SAMPAH PLASTIK JENIS HDPE DAN PET SEBAGAI
BAHAN BAKU PEMBUATAN BAHAN BAKAR MINYAK ALTERNATIF
MENGGUNAKAN METODE PIROLISIS DENGAN KATALIS ZEOLIT ALAM**

*Utilization Of HDPE And PET Plastic Waste As Raw Materials For Manufacturing
Alternative Fuel Using Pyrolysis Method With Natural Zeolite Catalyst*

Wahyu Kartika^{1}*

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
Jl. Raya Perjuangan No. 1 Bekasi Utara, Kota Bekasi, Jawa Barat 17121, Indonesia
Email korespondensi: wahyu.kartika@dsn.ubharajaya.ac.id

Info artikel: Diterima 13 September 2022, Diperbaiki 10 Oktober 2022,
Disetujui 23 Oktober 2022

ABSTRACT

Plastic waste is still a serious environmental problem, along with economic growth and increasing population. Plastic is an inorganic material that is difficult to decompose naturally, so alternative processing is needed to reduce the volume of plastic waste. One way is to use plastic waste as a raw material for making alternative fuel oil with the pyrolysis method. This can be done because plastic is a derivative product of petroleum so it has a high calorific value like existing commercial fuels. Pyrolysis is the process of fracturing or breaking polymer chains into simpler compounds through a thermal process with, without or with little oxygen. The purpose of this study was to determine the composition of raw material weight, catalyst weight, temperature and optimal reaction time in the manufacture of alternative fuel oil from a mixture of HDPE and PET plastic waste using the pyrolysis method with the help of a natural zeolite catalyst and its quality according standards to oil and gas. The results showed that the quality of pyrolysis oil with an optimal composition of weight of raw materials for plastic waste HDPE and PET 500 g, natural zeolite catalyst 200 g, temperature 400⁰C and reaction time of 30 minutes was included in the standard range of diesel oil according to Decree and Director General Gas No. 28.K/10/DJM. T/2016, with laboratory test results for viscosity parameters 3.02 mm²/s, density 851.2 kg/m³, heating value 10,228.8 kcal/kg, boiling point 215⁰C and water content 288 mg/kg.

Keywords: *Plastic Waste; Alternative Fuel Oil; Pyrolysis; Zeolite Catalyst;*

ABSTRAK

Sampah plastik sampai saat ini masih menjadi permasalahan lingkungan serius, seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan meningkatnya jumlah penduduk. Plastik merupakan bahan

anorganik yang sukar terurai secara alamiah sehingga diperlukan alternatif pengolahan untuk mengurangi volume sampah plastik. Salah satu cara adalah dengan memanfaatkan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar minyak alternatif dengan metode pirolisis. Hal ini dapat dilakukan karena plastik merupakan produk turunan dari minyak bumi sehingga mempunyai nilai kalor cukup tinggi seperti bahan bakar komersial yang ada. Pirolisis adalah proses peretakan atau pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang lebih sederhana melalui proses termal dengan, tanpa maupun sedikit oksigen. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui komposisi berat bahan baku, berat katalis, suhu dan waktu reaksi optimal dalam pembuatan bahan bakar minyak alternatif dari sampah plastik campuran HDPE dan PET menggunakan metode pirolisis dengan bantuan katalis zeolit alam serta kualitasnya sesuai standar mutu minyak Keputusan Dirjen Migas. Hasil penelitian diperoleh bahwa kualitas minyak pirolisis dengan komposisi optimal berat bahan baku sampah plastik HDPE dan PET 500 g, katalis zeolit alam 200g suhu 400⁰C dan waktu reaksi 30 menit masuk dalam rentang standar minyak diesel sesuai Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, dengan hasil uji laboratorium parameter viskositas 3,02 mm²/s , densitas 851,2 kg/m³, nilai kalor 10.228,8 kcal/kg, titik didih 215⁰C dan kadar air 288 mg/kg.

Kata kunci: Sampah plastik; Bahan bakar minyak alternatif; Pirolisis; Katalis zeolit

PENDAHULUAN

Sampah plastik sampai saat ini masih menjadi permasalahan lingkungan serius, seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi yang akan berpengaruh terhadap volume sampah plastik. Menurut data dari Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SISPN), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (MenLHK, Dirjen Pengelolaan Sampah, 2020) pada tahun 2021 kontribusi sampah plastik terhadap total produksi sampah nasional mencapai 17,73% dan menempatkan sampah plastik sebagai kontributor terbesar kedua setelah sampah organik. Persentase sampah plastik ini mengalami tren peningkatan dibandingkan tahun 2019 sebesar 15,93% dan tahun 2020 sebesar 17,11%. Kontribusi sampah plastik beberapa kota terhadap total sampah kota di

Indonesia pada tahun 2019, 2020 dan 2021 bervariasi seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Persentase sampah plastik terhadap total sampah kota

Kota	Tahun		
	2019	2020	2021
Jakarta	0,90%	1,90%	0,90%
Bogor	10%	10%	15%
Yogyakarta	11,03%	10,79%	10,79%
Surabaya	19,76%	19,44%	19,44%
Medan	14%	14%	15%
Palangkaraya	14,95%	15,14%	19,49%

Plastik merupakan bahan anorganik yang sukar terurai secara alamiah, sehingga pengelolaan sampah plastik dengan cara dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) seperti *landfill* bukan solusi yang baik karena dapat mengakibatkan pencemaran tanah. Pengelolaan sampah plastik yang sudah dilakukan selama ini belum berjalan maksimal disebabkan proses daur ulang hanya merubah sampah plastik menjadi

bentuk baru, yang pada akhirnya akan kembali menjadi sampah plastik jika fungsinya sudah hilang, karena itu diperlukan alternatif pengelolaan untuk mengurangi sampah plastik. Salah satu proses daur ulang sampah plastik adalah mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif. Hal ini dapat dilakukan karena plastik merupakan salah satu produk turunan dari minyak bumi sehingga mempunyai nilai kalor cukup tinggi seperti bahan bakar pada umumnya yaitu bensin, solar dan minyak tanah (Syamsiro, 2015) dan diubah ke bentuk semula (Iswadi et al., 2017). Konversi yang dihasilkan dari proses ini mencapai 60% bahkan lebih tergantung dari bahan plastik yang digunakan dengan penambahan zat kimia lain (E. Kurniawan & Nasrun, 2014). Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan (Sari, 2018), sedangkan termoset adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan (UNEP, 2009). Menurut Suro dkk, (Suro Untoro Budi, 2016) menyatakan bahwa berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, termoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Termoplastik terbagi menjadi beberapa jenis, kode dan kegunaannya (UNEP, 2009) yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Jenis plastik, kode, dan kegunaan

No. Kode	Jenis Plastik	Kegunaan
1	PET (<i>Polyethylene Terephthalate</i>)	Botol minuman ringan dan air mineral, bahan pengisi kantong tidur atau bantal dan serat tekstil
2	HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	Kantong plastik, botol plastik, kantong freezer, botol susu dan cream, botol shampoo dan pembersih
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Botol juice, kotak pupuk, pipa saluran, selang kebun, sol sepatu, kantong darah dan tabung
4	LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)	Kotak <i>ice cream</i> , kantong sampah dan kantong plastik
5	PP (<i>Polypropylene</i>)	Kemasan berpendingin, beberapa bungkus makanan, beberapa kantong dan sedotan
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak <i>yoghurt</i> , plastik meja, cangkir minuman panas, wadah makanan, pengepakan daging dan pelindung <i>packing</i>
7	Other (O) selain nomor kode 1-6	Termasuk plastik lainnya, <i>acrylic</i> dan <i>nylon</i>

Teknologi yang digunakan untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif yaitu dengan proses pirolisis. Pirolisis merupakan proses *thermal cracking* yaitu proses peretakan atau pemecahan rantai polimer menjadi senyawa yang lebih

sederhana melalui proses termal (pemanasan/pembakaran) dengan, tanpa maupun sedikit oksigen. Penggunaan katalis dalam proses pirolisis mampu mempercepat konversi yang menghasilkan minyak dengan kualitas lebih baik. (Syamsiro, 2015) menjelaskan bahwa katalis mampu meningkatkan perekaan yang terjadi dalam proses pirolisis. Rantai hidrokarbon yang panjang mampu dik onversi menjadi gas hidrokarbon lebih cepat sehingga minyak yang terbentuk dari kondensasi akan semakin banyak. Selain itu, emisi gas yang dihasilkan oleh pirolisis dengan katalis bebas dari dioksin dan furan yang bersifat toksik, sehingga ramah terhadap lingkungan (Sari, 2018). Plastik yang mengalami proses pirolisis akan terdekomposisi menjadi material-material pada fase cair dalam bentuk minyak bakar, fase gas berupa campuran gas yang dapat terkondensasi maupun tidak dapat terkondensasi dan fase padat berupa residu maupun tar (Hamidi, 2013). Minyak hasil pirolisis tidak mengandung oksigen sehingga tidak menyebabkan korosi (Wahyudi et al., 2018).

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan pemanfaatan sampah plastik sebagai bahan baku pembuatan bahan bakar minyak alternatif telah banyak dilakukan seperti pengaruh suhu pirolisis dan jumlah katalis karbon aktif terhadap *yield* dan kualitas bahan bakar cair dari limbah

plastik jenis polipropilena (Nazif et al., 2016), pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis (Iswadi et al., 2017), pengaruh penggunaan katalis zeolit alam dalam pirolisis limbah plastik jenis HDPE menjadi bahan bakar cair setara bensin (Pratiwi & Dahani, 2015), pengolahan sampah plastik jenis PP, PET dan PE menjadi bahan bakar minyak dan karakteristiknya (Suroho Untoro Budi, 2016), pemanfaatan limbah plastik sebagai alternatif bahan bakar terbarukan (Hidayati et al., 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui komposisi berat bahan baku, berat katalis, suhu dan waktu reaksi optimal dalam pembuatan bahan bakar minyak alternatif dari sampah plastik campuran HDPE dan PET menggunakan metode pirolisis dengan bantuan katalis zeolit alam serta kualitasnya sesuai standar mutu minyak sesuai Keputusan Dirjen Migas.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Peralatan

Bahan baku yang digunakan adalah sampah plastik jenis HDPE dan PET berasal dari Bank Sampah Perumahan Villa Nusa Indah 2, Kelurahan Bojong Kulur, Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor katalis zeoilt alam, air untuk proses pendinginan.

Peralatan yang digunakan adalah kertas saring, gas elpiji, tungku, tabung reaktor, pipa penyambung, selang penyambung pipa, tabung kondensor, tabung penampung, stopwatch, termometer, gelas ukur, timbangan.

Metode

Penelitian ini bersifat eksperimental dengan tahapan persiapan merangkai alat pirolisis yang akan digunakan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat pirolisis

Tahapan Penelitian

Penelitian terdiri dari 5 tahap. Tahap pertama adalah menimbang bahan baku sampah plastik jenis HDPE dan PET masing-masing 1 kg, dibersihkan, dijemur kemudian dicacah dengan ukuran sekitar 3 cm. Setelah dilakukan pencacahan kemudian dicampur untuk kemudian ditimbang dengan 3 variasi berat yaitu 350 g, 500 g dan 750 g. Masing-masing berat bahan baku tersebut kemudian dilakukan proses pirolisis dengan penambahan katalis yang sudah direparasi sebesar 200 g pada suhu 300°C dan waktu reaksi 30 menit. Tujuan proses pirolisis pada

tahap pertama ini adalah untuk menentukan berat bahan baku yang akan digunakan pada tahap selanjutnya dengan variasi berat katalis, suhu dan waktu reaksi. Minyak hasil pirolisis kemudian diukur volumenya (V) dengan gelas ukur, massa minyak (m) ditimbang dan densitas (ρ) dihitung dengan persamaan :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

Berat bahan baku sampah plastik yang menghasilkan volume dan densitas minyak tertinggi serta mengalami reaksi pirolisis sempurna dan sesuai dengan standar minyak diesel dan bensin berdasarkan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, tentang standar minyak diesel dan No. 0177.K/10/DJM.T/2018 tentang standar bahan bakar bensin digunakan untuk percobaan tahap selanjutnya.

Tahap kedua adalah melakukan pirolisis menggunakan berat bahan baku yang sudah ditentukan pada tahap pertama dengan 3 variasi berat katalis yaitu 50 g, 100 g, 150 g pada suhu 300°C dan waktu reaksi 30 menit. Minyak hasil pirolisis diukur volume, massa dan dihitung densitasnya kemudian dianalisis.

Tahap ketiga adalah melakukan pirolisis menggunakan berat bahan baku yang sudah ditentukan pada tahap pertama dengan 3 variasi suhu yaitu, 300°C , 350°C , 400°C dengan berat katalis 200 g dan waktu

reaksi 30 menit. Minyak hasil pirolisis diukur volume, massa dan dihitung densitasnya kemudian dianalisis.

Tahap keempat adalah melakukan pirolisis menggunakan berat bahan baku yang sudah ditentukan pada tahap pertama dengan 3 variasi waktu yaitu 20, 40 dan 60 menit pada suhu 200⁰C dan berat katalis 200 g. Minyak hasil pirolisis diukur volume, massa dan dihitung densitasnya kemudian dianalisis.

Tahap kelima menentukan komposisi optimal dari berat bahan baku, berat katalis, suhu dan waktu reaksi berdasarkan volume dan densitas minyak hasil pirolisis terbesar dari tahap pertama sampai keempat, kemudian karakteristiknya seperti viskositas, massa jenis, nilai kalor, titik didih dan kadar air yang menggambarkan kualitas minyak diuji di laboratorium.

Analisis Data

Data hasil penelitian berupa komposisi optimum minyak pirolisis diuji karakteristiknya di laboratorium Kimia Sucofindo Bekasi, kemudian hasil laboratorium dibandingkan dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, tentang standar minyak diesel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pirolisis dengan Variasi Berat Bahan Baku Plastik

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil percobaan bahwa proses pirolisis bahan baku sampah plastik dengan berat 350 g dan 500 g hasil pembakaran terkondensasi sempurna, sedangkan pada bahan baku plastik dengan berat 750 g terdapat bahan baku plastik yang tidak terbakar sempurna dan menempel pada permukaan katalis dan tabung reaktor sehingga tidak semua terkondensasi. Berat bahan baku yang melebihi kapasitas reaktor menyebabkan bahan baku menempel pada dinding reaktor (Suroño Untoro Budi, 2016).

Berdasarkan hasil di atas, maka berat bahan baku plastik yang digunakan untuk percobaan berikutnya adalah berat bahan baku sebesar 500 g yang menghasilkan volume dan densitas lebih besar daripada pirolisis dengan berat bahan baku plastik 350g.

Tabel 3. Pirolisis dengan variasi berat bahan baku pada suhu 300⁰C, waktu 30 menit, berat katalis 200 g

B	K	t	T	V	m	ρ
35	20	3	30	0,12	0,08	71
0	0	0	0	0	6	6
50	20	3	30	0,13	0,10	76
0	0	0	0	0	0	8
75	20	3	30	0,15	0,12	82
0	0	0	0	5	6	5

Keterangan : BB=bahan baku (g), K=katalis (g), t=waktu (menit), T=suhu (⁰C), V=volume (l), m= massa (kg), ρ=densitas (kg/m³)

Pirolisis dengan Variasi Berat Katalis

Pirolisis dengan penambahan katalis dapat mempercepat reaksi dan linier dengan

meningkatnya volume produk minyak yang dihasilkan. Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil percobaan dengan penambahan katalis 50 gram, bahan baku dapat terkondensasi seluruhnya, begitu pula ketika katalis ditambahkan menjadi 100 gram dan 150 gram, hasil minyak pirolisis mengalami peningkatan.

Tabel 4. Pirolisis dengan variasi berat katalis pada suhu 300⁰C, waktu 30 menit, berat bahan baku 500 g

BB	K	t	T	V	m	ρ
500	50	30	300	0,145	0,115	79 3
500	100	30	300	0,160	0,135	84 3
500	150	30	300	0,185	0,126	88 1

Keterangan : BB=bahan baku (g), K=katalis (g), t=waktu (menit), T=suhu (⁰C), V=volume (l), m= massa (kg), ρ=densitas (kg/m³)

Penambahan massa katalis berpengaruh terhadap distribusi rantai karbon dimana rantai karbon fraksi berat akan terpecah menjadi rantai karbon yang lebih ringan,(S. D. Kurniawan & Saptoadi, 2016) dengan kata lain semakin banyak jumlah atau berat katalis yang ditambahkan dalam proses pirolisis maka volume bahan bakar cair yang dihasilkan semakin banyak (Arita et al., 2015). Hasil pengukuran densitas minyak pirolisis kemudian dibandingkan dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, tentang standar minyak diesel dan No. 0177.K/10/DJM.T/2018 tentang standar

bahan bakar bensin, diperoleh hasil hanya pada pemakaian berat katalis 100 g yang densitasnya berada pada rentang standar densitas minyak diesel, sedangkan minyak hasil pirolisis dengan berat katalis 50 g dan 150 g densitasnya tidak berada pada rentang standar densitas minyak diesel maupun bensin (Tabel 5)..

Tabel 5. Densitas minyak hasil pirolisis dengan standar minyak diesel dan bensin

K	ρ1	ρ2	ρ3
50	793		
100	843	815-880	715-770
150	881		

Keterangan : K=katalis (g), ρ1=densitas minyak hasil pirolisis (kg/m³), ρ2= standar minyak diesel. Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, ρ3=standar bahan bakar bensin Keputusan Dirjen Migas No. 0177.K/10/DJM. T/2018

Pirolisis dengan Variasi Suhu

Tabel 6 menyajikan hasil percobaan bahwa semakin tinggi suhu, maka volume dan berat minyak hasil pirolisis semakin besar, hal ini disebabkan pada suhu tinggi rantai karbon panjang polimer semakin mudah terengkah menjadi rantai-rantai karbon yang lebih pendek. Pada suhu 400⁰C volume dan densitas minyak hasil pirolisis mencapai nilai tertinggi dibandingkan pada suhu 300 dan 350⁰C.

Tabel 6. Pirolisis dengan variasi suhu pada waktu 30 menit, berat bahan baku 500 g, berat katalis 200 g

BB	K	t	T	V	m	ρ
50	20	3	30	0,13	0,10	76
0	0	0	0	0	0	9
50	20	3	35	0,17	0,13	80
0	0	0	0	0	7	5
50	20	3	40	0,19	0,16	84
0	0	0	0	5	5	6

Keterangan : BB=bahan baku (g), K=katalis (g), t=waktu (menit), T=suhu ($^{\circ}$ C), V=volume (l), m= massa (kg), ρ =densitas (kg/m^3)

Hasil pengukuran densitas minyak pirolisis kemudian dibandingkan dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016, tentang standar minyak diesel dan No. 0177.K/10/DJM.T/2018 tentang standar bahn bakar bensin, diperoleh hasil bahwa pada suhu 400°C densitas $846 \text{ kg}/\text{m}^3$ berada pada rentang standar densitas minyak diesel (Tabel 7).

Tabel 7. Densitas minyak hasil pirolisis dengan standar minyak diesel dan bensin

T	ρ_1	ρ_2	ρ_3
300	769		
350	805	815-880	715-770
400	846		

Keterangan : T=suhu ($^{\circ}$ C), ρ_1 =densitas minyak hasil pirolisis (kg/m^3), ρ_2 = standar minyak diesel

Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016, ρ_3 =standar bahan bakar bensin Keputusan Dirjen Migas No. 0177.K/10/DJM.T/2018

Pirolisis dengan Variasi Waktu

Hasil pembakaran bahan baku sampah plastik pada proses pirolisis dengan waktu 20 menit tidak semua terkondensasi, masih tersisa bahan baku yang tidak terbakar sempurna sehingga menempel pada permukaan reaktor dan menyebabkan minyak hasil pirolisis kurang maksimal, sedangkan pirolisis dengan waktu 40 dan 60 menit mengalami peningkatan volume minyak pirolisis dan densitas seiring dengan meningkatnya waktu reaksi (Tabel 8). Hal yang sama juga dinyatakan pada penelitian oleh Reno Pratiwi, dkk yang melakukan pirolisis jenis plastik LDPE, HDPE dan PP dengan variasi waktu 15 menit, 30 menit dan 60 menit (Pratiwi & Dahani, 2015).

Tabel 8. Pirolisis dengan variasi waktu pada suhu 300°C , berat bahan baku 500 g, berat katalis 200 g

BB	K	t	T	V	m	ρ
50	20	2	30	0,070	0,068	971
0	0	0	0			
50	20	4	30	0,175	0,148	845,
0	0	0	0			7
50	20	6	30	0,210	0,173	823,
0	0	0	0			8

Keterangan : BB=bahan baku (g), K=katalis (g), t=waktu (menit), T=suhu ($^{\circ}$ C), V=volume (l), m= massa (kg), ρ =densitas (kg/m^3)

Hasil pengukuran densitas minyak pirolisis kemudian dibandingkan dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM.T/2016, tentang standar minyak diesel dan No. 0177.K/10/DJM.T/2018 tentang standar bahn bakar bensin, diperoleh nilai densitas tertinggi yaitu $971 \text{ kg}/\text{m}^3$ pada waktu reaksi

20 menit tetapi densitas tersebut diluar rentang standar densitas minyak diesel maupun bensin, sedangkan pada waktu reaksi 40 dan 60 menit densitasnya masing-masing 845,7 kg/m³ dan 823,8 kg/m³ berada pada rentang standar densitas minyak diesel (Tabel 9).

Tabel 9. Densitas minyak hasil pirolisis dengan standar minyak diesel dan bensin

t	ρ_1	ρ_2	ρ_3
20	971		
40	845,7	815-880	715-770
60	823,8		

Keterangan : t=waktu (menit), ρ_1 =densitas minyak hasil pirolisis (kg/m³), ρ_2 = standar minyak diesel Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016, ρ_3 =standar bahan bakar bensin Keputusan Dirjen Migas No. 0177.K/10/DJM.T/2018

Pengujian Karakteristik Bahan Bakar Minyak Hasil Pirolisis

Penentuan komposisi berat bahan baku, berat katalis, waktu dan suhu optimal sesuai analisis percobaan tahap pertama sampai keempat adalah dengan mengambil volume dan densitas minyak hasil pirolisis tertinggi, kemudian densitasnya harus berada pada rentang standar minyak diesel atau bensin sesuai Keputusan Dirjen Migas. Volume dan densitas tertinggi adalah 0,195 l dan 846 kg/m³ dengan komposisi berat bahan baku 500 g, berat katalis 200 g, suhu 400 °C dan waktu reaksi 30 menit. Nilai densitas 846 kg/m³ berada pada rentang standar minyak diesel. Hasil uji laboratorium minyak hasil

pirolisis dengan komposisi tersebut di atas masuk dalam rentang standar minyak diesel dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016 seperti ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Hasil uji laboratorium kualitas minyak pirolisis

Parameter	Hasil Uji	Standar Mutu*)	Metode
Viskositas pada 40°C (mm ² /s)	3,02	2,0-4,5	ASTM D445-21
Densitas (kg/m ³)	851,2	815-880	-
Nilai Kalor (kcal/kg)	10.228,8	10.160-11.000	ASTM D240-19
Titik Didih (°C)	215	180-340	ASTM D86-20
Kadar Air (mg/kg)	288	0-500	ASTM D6304-20

Keterangan: *) standar minyak diesel Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016

Hasil pengujian viskositas minyak pirolisis adalah 3,02 mm²/s masuk dalam rentang viskositas standar kualitas minyak diesel 2,0-4,5 mm²/s. Viskositas merupakan salah satu sifat yang sangat penting pada bahan bakar minyak, dengan viskositas ini dapat dilihat seberapa mudah bahan bakar tersebut mengalir di ruang bakar. Viskositas yang terlalu rendah (encer) akan berpengaruh terhadap sulitnya pembakaran dan kebocoran pada pipa injeksi, jika viskositas terlalu tinggi (kental) maka akan mengakibatkan sulitnya pemompaan bahan bakar ke ruang bakar dan

mempengaruhi kualitas atomisasi yang sulit terjadi (Hidayat & Siregar, 2022).

Hasil pengujian densitas minyak pirolisis adalah $851,2 \text{ kg/m}^3$ masuk dalam rentang standar kualitas minyak diesel $815\text{-}880 \text{ kg/m}^3$. Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda, semakin tinggi massa jenis benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya .

Hasil pengujian nilai kalor minyak pirolisis adalah $10.228,8 \text{ kcal/kg}$, berada pada rentang nilai kalor standar minyak diesel yaitu $10.160\text{-}11.000 \text{ kcal/kg}$ keputusan Dirjen Migas 28.K/10/DJM. T/2016 tentang standar minyak diesel (minyak jenis solar-48). Pengujian nilai kalor berfungsi untuk mengetahui jumlah panas yang dilepaskan selama pembakaran pada minyak pirolisis, atau dengan kata lain nilai kalor diperlukan karena dapat digunakan untuk menghitung jumlah konsumsi bahan bakar minyak yang dibutuhkan untuk suatu mesin atau suatu periode (Nasrun et al., 2017).

Hasil uji laboratorium titik didih sebesar 215°C berada pada rentang titik didih standar minyak diesel yaitu $180\text{-}340^{\circ}\text{C}$ sesuai Keputusan Dirjen Migas 28.K/10/DJM. T/2016 tentang standar minyak diesel (minyak jenis solar-48). Pengujian titik didih diperlukan untuk mengetahui suhu ketika tekanan uap suatu energi yang dikeluarkan pada suatu bahan

bakar dalam proses pembakaran sempurna pada suatu kendaraan.

Hasil uji laboratorium kadar air sebesar 288 mg/kg , berada pada rentang kadar air standar minyak diesel yaitu $0\text{-}500 \text{ mg/kg}$ sesuai Keputusan Dirjen Migas 28.K/10/DJM. T/2016 tentang standar minyak diesel (minyak jenis solar-48). Semakin kecil kadar air dalam bahan bakar minyak maka mutunya akan semakin baik, karena air penyebab terjadinya reaksi pembakaran yang tidak maksimal (Nasrun et al., 2017). Kadar air dalam bahan bakar minyak merupakan salah satu tolak ukur mutu bahan bakar minyak tersebut.

KESIMPULAN

Kualitas minyak pirolisis yang dibuat menggunakan campuran plastik HDPE dan PET dengan berat 500 g , katalis zeolit alam 200 g yang dilakukan pada suhu 400°C dan waktu reaksi 30 menit masuk dalam rentang standar minyak diesel dengan Keputusan Dirjen Migas No. 28.K/10/DJM. T/2016. Hal ini dapat dilihat dari hasil uji laboratorium untuk parameter bahan bakar dengan nilai viskositas $3,02 \text{ mm}^2/\text{s}$, densitas $851,2 \text{ kg/m}^3$, nilai kalor $10.228,8 \text{ kcal/kg}$, titik didih 215°C dan kadar air 288 mg/kg . untuk melihat apakah perbedaan hasilnya cukup signifikan. Penanganan abu plastik sisa pembakaran perlu dipikirkan solusinya agar tidak menjadi beban lingkungan.

REFERENSI

- Arita, S., Assalami, A., & Naibaho, D. I. (2015). Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Dengan Menggunakan Katalis Zeolit. *Teknik Kimia*, 21(2), 8–14.
- Hamidi, N. (2013). Pyrolysis of Household Plastic Wastes. *British Journal of Applied Science & Technology*, 3(3), 417–439.
<https://doi.org/10.9734/bjast/2014/1984>
- Hidayat, F. F. D., & Siregar, I. H. (2022). Uji Karakteristik Minyak Pirolisis Berbahan Baku Limbah Plastik Polypropylene. *Jtm*, 10(01), 13–20.
<https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/43904>
- Hidayati, N. U. R. A., Aziz, I. R., Muthiadin, C. U. T., Yasin, J. H. M., No, L., Gowa, K., & Selatan, S. (2017). *Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Alternatif Bahan Bakar Terbarukan*. November, 35–37.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan sampah plastik LDPE dan PET menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*, 1(2), 1–9.
openjournal.unpam.ac.id/index.php/JITK/article/download/718/585
- Kurniawan, E., & Nasrun. (2014). *Karakterisasi Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) dan Low Density Polyethylene (LDPE)*. 2(November), 41–52.
- Kurniawan, S. D., & Saptoadi, H. (2016). *Pengaruh Massa Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. 9(1).
- MenLHK, Dirjen Pengelolaan Sampah, L. dan B. (2020). *Sistim Informasi Pengelolaan Sampah Nasional*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
<https://sipsn.menlhk.go.id/>
- Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 5(1), 30.
<https://doi.org/10.29103/jtku.v5i1.77>
- Nazif, R., Wicaksana, E., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2016). *Karbon Aktif Terhadap Yield dan Kualitas Bahan*. 5(3), 49–55.
- Pratiwi, R., & Dahani, W. (2015). Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam Dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis HDPE Menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 1(1), 1–5.
- Sari, G. L. (2018). Kajian Potensi Pemanfaatan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 6–13.
<https://doi.org/10.29080/alard.v3i1.255>

- Surono Untoro Budi, I. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET, dan PE Menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Mekanika Dan Sistem Termal*, 1(1), 32–37.
- Syamsiro, M. (2015). Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk. *Teknik*, 5(1), 1–85.
- UNEP. (2009). Converting Waste Plastics into A Resources. *Assessment Guidelines*, 73.
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Astuti, A. D. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Litbang*, XIV, 58–67.