

PROSES PIROLOSIS PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK MENJADI BAHAN BAKAR CAIR

Moh Arif Batutah*, Moh. Agus Setiawan, Hadi Kusnanto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Raya Sutorejo No.59, Surabaya, Indonesia 60113

*email: arifbatutah@ft.um-surabaya.ac.id

(Received: 7 Maret 2022; Reviewed: 13 Mei 2022; Accepted: 21 Juni 2022)

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk memanfaatkan sampah plastik jenis *polyetylane* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polistirene* (PS) menjadi bahan bakar cair dengan proses pirolisis, saat ini khususnya di Surabaya banyak sekali sampah, 13% - 14% berjenis plastik. hasil sampel dari penelitian ini adalah membedakan temperatur uap yang masuk ke dalam kondensor dan juga temperatur air dalam kondensor, yang nantinya akan di uji bahwa minyak dari plastik tersebut mendekati jenis premium. Hasil penelitian ini di dapatkan bahwa suhu optimum untuk mendapatkan hasil yang banyak dalam 1 kg plastik jenis *Polyetylane* (PET) adalah dengan suhu uap 142°C dan waktu 90 menit, sedangkan plastik jenis *Polypropylene* (PP) dengan suhu uap 180°C dan plastik jenis Polistiren (PS) dengan suhu uap 100°C dan suhu kondensor yaitu 15°C. jumlah minyak yang dihasilkan plastik jenis *Polyetylane* (PET) dalam suhu tersebut yaitu 40 mL sedangkan plastik jenis *Polypropylene* (PP) jumlah minyak yang di hasilkan yaitu 100 mL dan plastik jenis Polystyrene (PS) ini dapat menghasilkan minyak dengan jumlah yaitu 20 mL hasil ini berarti bernilai 75% dari berat plastik yang telah di proses. Sedangkan untuk hasil dari minyak ini adalah mendekati jenis premium.

Kata Kunci : *sampah plastik, pirolisis, bahan bakar cair*

Abstract

The research aims to utilize polyethylene (PET), polypropylene (PP) and polystyrene (PS) plastic waste into liquid fuel by the pyrolysis process, currently, especially in Surabaya, a lot of waste, 13% - 14% is plastic. The results of the sample from this study are to distinguish the temperature of the steam entering the condenser and also the temperature of the water in the condenser. And what will later be tested is that the oil from the plastic is close to the type of gasoline or diesel. The results of this study found that the optimum temperature to get a lot of results in 1 kg of plastic type Polyethylene (PET) is with a steam temperature of 142°C and a time of 90 minutes, while the type of plastic Polypropylene (PP) with a vapor temperature of 180°C and plastic type Polystyrene (PS) with a vapor temperature of 100°C and a condenser temperature of 15°C. The amount of oil produced by Polyethylene (PET) plastic at that temperature is 40 mL while the plastic type Polypropylene (PP) the amount of oil produced is 100 mL and this type of polystyrene (PS) plastic can produce 20 mL of oil. This result means that it is worth 75% of the weight of the plastic that has been processed. Meanwhile, the yield of this oil is close to the premium type.

Keywords: *plastic waste, pyrolysis, liquid fuel*

1. PENDAHULUAN

Kepunahan bahan bakar minyak (BBM), yang salah satunya di sebabkan oleh kenaikan harga minyak bumi yang *significant*, telah mendorong pemerintah untuk mengajak masyarakat mengatasi masalah energi secara bersama – sama dari sumber (Prasetyo *et al.*, 2010). Kelangkaan minyak bumi tersebut terasa sangat mempengaruhi perekonomian dunia, termasuk negara Indonesia. sejak tahun 2004 negara Indonesia telah menjadi negara *net importir* minyak, artinya negara Indonesia sudah tidak lagi bisa memenuhi kebutuhan energi dalam negeri terhadap minyak bumi (Arwizet, 2017). Sampah plastik saat ini menjadi masalah yang besar, karena Indonesia merupakan negara penghasil sampah plastik terbesar ketiga, setelah Cina, India, oleh karena itu harus ada terobosan bagaimana sampah plastik tersebut bisa dimanfaatkan menjadi bahan bakar, selain itu plastik juga mempunyai nilai kalor cukup tinggi, setara dengan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar, dalam plastik juga terkandung unsur ynag lain seperti oksigen, nitrogen, *chlorine*, dan belerang. Komponen utama yang menyusun bahan bakar minyak (BBM), komponen tersebut hampir sama dengan bahan bakar minyak, oleh karena itu pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif sebagai upaya untuk mengatasi ke punahan energi dan mengatasi polusi lingkungan akibat sampah plastik yang susah terurai. Sumber (Cahyono *et al.*, 2019., Prasetyo *et al.*, 2010).

Sampah plastik dalam jumlah banyak merupakan satu faktor yang dapat menyebabkan polusi pada lingkungan/masyarakat (tanah & air). Jika tidak di kelola dengan baik. Dalam banyak hal sampah plastik baru di gunakan untuk pembuatan bahan kerajinan tangan seperti dalam halnya pembuatan bunga, hiasan dinding, tas jinjing, dompet dan lain – lain (Sahwan, 2005).

Penelitian ini akan di kembangkan mesin *distilasi* sistem dua siklus pengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak (BBM), mengetahui kandungan parameter bahan bakar meliputi densitas, viskositas, nilai kalor dan nilai oktan. Adapun manfaat penelitian adalah terciptanya bahan bakar terbarukan sebagai energi alternatif, mengurangi limbah sampah plastik yang susah terurai, memberikan alternatif penanganan masalah lingkungan yang disebabkan oleh limbah plastik dan memberikan informasi yang berguna bagi masyarakat bahwa limbah plastik dapat diolah menjadi bahan bakar minyak yang mempunyai nilai tambah.

2. METODOLOGI

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah sampah plastik jenis *polyetylane* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polistiren* (PS) masing masing sebanyak 1000 gr, sedangkan peralatan proses pirolisis untuk pengolahan sampah plastik sebagaimana yang telah kami buat dalam penelitian sebelumnya, sebagaimana yang ditunjukkan dalam Gambar 1 sebagai berikut :



Gambar 1. Alat distilasi untuk proses pirolisis

Prosedur pirolisis sampah plastik dengan tahapan: membersihkan plastik dari kontaminan seperti plastik atau sisa isi yang masih melekat). memipihkan plastik (bila berongga seperti botol). Proses pirolisis sampah plastik dengan memasukkan sampah plastik pada reaktor distilasi (A), kemudian dipanaskan pada sampai suhu 180 °C sebagaimana terbaca pada temperatur indikator (D), lalu dikondensasikan menggunakan kondensor (C), media pendingin menggunakan air yang disirkulasikan dari tangki air (B). hasil bahan bakar minyak selanjutnya dilakukan pengujian sampel meliputi densitas, viskositas, nilai kalori dan nilai oktan untuk mengetahui kelayakan sebagai bahan bakar minyak. Beberapa penelitian penggunaan distilator seperti Manurung, 2017., Maulana *et al.* 2018., dalam penelitian ini dibuat lebih sederhana dan lebih efisien.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Validasi Alat

Validasi alat bertujuan untuk mengetahui kelayakan alat, validasi dilakukan dengan cara mengukur tekanan uap air serta membandingkan hasil yang diperoleh berdasarkan eksperimen dengan korelasi Persamaan Antoine, dimana konstanta ini diperoleh dari *Thermodynamic Research Center (TRC)* data Bank, Collage Station, TX, USA yang telah dipublikasikan oleh Poling *et al.*, 2001 seperti persamaan berikut :

$$\log_{10} P_{vp} = \frac{A-B}{T+C-273.15} \quad (1)$$

Validasi peralatan ditetapkan berdasarkan *average absolute deviation* (AAD) antara hasil eksperimen dan korelasi Persamaan Antoine berdasarkan persamaan berikut :

$$AAD = \frac{1}{n} \sum_{n-1}^n \left[\frac{P_{calc} - P_{exp}}{P_{exp}} \times 100\% \right] \quad (2)$$

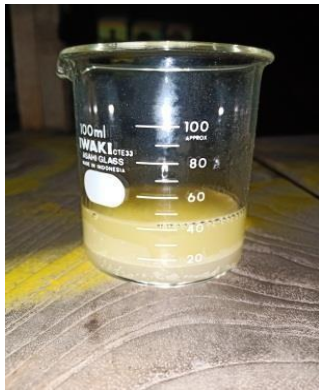
Berdasarkan data eksperimen dan perhitungan, nilai *average absolute deviation* yang diperoleh pada peralatan pirolisis sampah menjadi bahan bakar cair yang diperoleh pada validasi ini dibawah 1 %, hal ini menunjukkan bahwa desain peralatan sangat akurat untuk digunakan proses pirolisis.

Proses pirolisis plastik *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS) dilakukan dengan menggunakan distilasi untuk mengurangi kadar abu dan lilin dalam produk bahan bakar. Oleh karna itu titik berat, ulasan ini adalah pengaruh temperatur pada hasil pirolisis untuk memisahkan produk cair dalam kondisi vakum untuk meminimalkan oksigen memasuki reaktor dan pada kondisi vakum uap organik lebih cepat meninggalkan reaktor, sehingga mengurangi waktu tinggal uap dan membuat pergeseran penguapan ke daerah temperatur yang lebih rendah, sehingga menurunkan temperatur uap rata – rata. Hal ini menciptakan kondisi perpindahan massa yang lebih menguntungkan dan memperoleh hasil cairan yang tinggi.

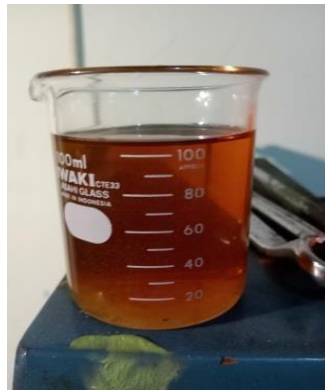
Berikut tipe plastik yang di uji, plastik *polyethylene terephthalate* (PET), plastik *polypropylene* (PP) dan plastik *polystyrene* (PS) sebagaimana dalam Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Hasil percobaan proses pirolisis sampah plastik dengan sistem destilasi.

Type plastik	Berat plastik mg	Temperatur °C	Waktu menit	Hasil uji mL
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	1000	160	90	40
<i>Polypropylene</i> (PP)	1000	180	90	100
<i>Polystyrene</i> (PS)	1000	100	90	20



Hasil plastik *Polyetylene Tereftalat (PET)* 40 mL



Hasil plastik *Polypropylene (PP)* 100 mL



Hasil plastik *Polystyrene (PS)* 20 mL

Gambar 2. Hasil uji laboratorium bahan bakar minyak plastik

Proses mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan proses pirolisis dengan massa 1000 g, pengamatan dilakukan dengan mencatat kenaikan suhu pemanasan setiap 3 menit, proses pirolisis berakhir di tandai kran pada pipa kondensor tidak mengeluarkan cairan minyak, berikut hasil yang diperoleh dari hasil percobaan sebagaimana pada Gambar 2 di atas.

Setiap pengujian sampah plastik di distilasi dalam waktu 90 menit. *Polyetylene Tereftalat (PET)*, jenis sampah plastik ini akan mencair saat pemanasan pada temperatur 120°C, mempunyai sifat permeabilitasnya yang rendah serta sifat-sifat mekaniknya yang baik. Semula sampah plastic ini umumnya digunakan sebagai botol plastik yang jernih atau tembus pandang dan hanya untuk sekali pakai, dalam kehidupan sehari-hari plastik jenis *Polyetylene Tereftalat (PET)* dapat di temukan pada botol minuman mineral dengan kode 1, bahwa plastik jenis *Polyetylene Tereftalat (PET)* di sarankan hanya di gunakan untuk sekali pakai.

Data Tabel 2 sampah plastik yang di proses pirolisis pada menit ke -18 mengeluarkan asap dengan temperatur 69 °C selama 3 menit. Saat menit ke -15 sampai menit ke -27 pipa kran dari kondensor tidak mengeluarkan asap lagi, berselang 9 menit kemudian pipa kran mengeluarkan cairan minyak pada menit ke -39 dengan temperatur menunjukkan 120 °C, tetesan minyak keluar agak cepat di menit ke -37 dengan temperatur 135 °C, berselang 12 menit kemudian pipa kran tetesan minyak yang mulai melambat, di menit ke -84 dengan temperatur 142 °C tetesan minyak jarang keluar, pada menit ke -90 dengan temperatur 142 °C tetesan minyak sudah tidak keluar, hasil cairan minyak dari pirolisis dapat di lihat pada Tabel 2.

Pengaruh Temperatur Proses Terhadap Densitas dan °API

Densitas adalah salah satu parameter yang menunjukkan karakteristik produk yang di hasilkan. *Specific gravity* di ukur menurut standar ASTM D 1298 pada 15°C pada Tabel 3.

Pengaruh temperatur terhadap karakteristik produk bahan bakar minyak.

Bahan bakar minyak (*fuel*) hasil pirolisis tidak bisa langsung di gunakan sebagai bahan bakar atau sumber energi lainya namun harus memenuhi spesifikasi standar tertentu untuk memastikan kinerja mesin pembakaran. Spesifikasi untuk bahan bakar standar telah di terapkan oleh: ASTM/IP atau alat instrumen yang sesuai dengan standar ASTM. Produk pirolisis plastik di anggap sebagai sumber hidrokarbon dari minyak bumi dalam bentuk produk nafta, sehingga karakteristik produk pirolisis di sesuaikan dengan produk bahan bakar minyak standar.

Pengaruh Temperatur Proses Terhadap Viskositas Kinematik.

Viskositas adalah properti penting dari produk minyak, hal ini berpengaruh pada penanganan atau penyimpanan, pemompaan dan pembakaran (termasuk pemilihan jenis *burner* yang di gunakan. Jika

nilai viskositas kinematik rendah, maka akan mempengaruhi kualitas bahan bakar minyak, nilai kalor rendah. Viskositas kinematik di ukur menurut standar ASTM D 445-97 pada 100°C. Nilai viskositas kinematik bahan bakar di tunjukan pada Tabel 3.

Tabel 2. Data percobaan pirolisis sampah plastik jenis *Polyetylane Tereftalat (PET)*, *Polypropylane (PP)* dan *Polystyren (PS)*.

<i>t</i> min	<i>T</i> °C	Keterangan	<i>T</i> °C	Keterangan	<i>T</i> °C	Keterangan
<i>Polyetylane Tereftalat (PET)</i>			<i>Polypropylane (PP)</i>		<i>Polystyren (PS)</i>	
0	35	-	35	-	35	-
3	37	-	35	-	35	-
9	40	-	40	-	37	-
12	50	-	44	-	40	-
15	69	keluar asap	56	keluar asap	47	-
18	76	keluar asap	61	keluar asap	55	-
21	88	keluar asap	67	-	61	keluar asap
24	95	keluar asap	85	-	68	keluar asap
27	100	keluar asap	94	-	70	keluar asap
30	110	-	100	-	75	keluar asap
33	112	-	121	keluar tetesan minyak	79	keluar asap
36	115	-	128	keluar tetesan minyak	81	-
39	120	tetes minyak	136	keluar tetesan minyak	82	keluar tetesan minyak
42	123	tetes minyak	140	keluar tetesan minyak agak cepat	88	keluar tetesan minyak
45	125	tetes minyak	142	keluar tetesan minyak agak cepat	89	keluar tetesan minyak
48	127	tetes minyak	148	keluar tetesan minyak agak cepat	93	keluar tetesan minyak
51	129	tetes minyak	152	keluar tetesan minyak agak cepat	97	keluar tetesan minyak agak cepat
54	130	tetes minyak	157	keluar tetesan minyak agak cepat	110	keluar tetesan minyak agak cepat
57	135	tetes minyak cepat	163	keluar tetesan minyak	111	keluar tetesan minyak
60	137	tetes minyak cepat	160	keluar tetesan minyak	111	keluar tetesan minyak
63	139	tetes minyak cepat	170	keluar tetesan minyak	111	keluar tetesan minyak
66	140	tetes minyak cepat	172	keluar tetesan minyak	111	keluar tetesan minyak
69	140	tetes minyak melambat	173	keluar tetesan minyak	112	keluar tetesan minyak
72	140	tetes minyak melambat	174	keluar tetesan minyak	113	tetes minyak jarang keluar
75	141	tetes minyak melambat	175	tetes minyak jarang keluar	113	tetes minyak jarang keluar
75	141	tetes minyak melambat	175	tetes minyak jarang keluar	113	tetes minyak jarang keluar

Tabel 2. Data percobaan pirolisis sampah plastik jenis *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS) (Lanjutan).

<i>t</i> min	<i>T</i> °C	Keterangan	<i>T</i> °C	Keterangan	<i>T</i> °C	Keterangan		
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)			<i>Polypropylene</i> (PP)			<i>Polystyrene</i> (PS)		
78	141	tetes minyak melambat	176	tetes minyak jarang keluar	114	tetes minyak jarang keluar		
81	142	tetes minyak melambat	178	tetes minyak jarang keluar	114	tetes minyak jarang keluar		
84	142	tetes minyak jarang keluar	179	tetes minyak jarang keluar	114	tetes minyak jarang keluar		
87	14	tetes minyak jarang keluar	180	tetes minyak jarang keluar	115	tetes minyak jarang keluar		
90	142	tetes minyak sudah tidak keluar	180	tetes minyak sudah tidak keluar	115	tetes minyak sudah tidak keluar		
minyak 40 mL			minyak 100 mL			minyak 20 mL		

Tabel 3. Hasil uji laboratorium terhadap sampah plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS).

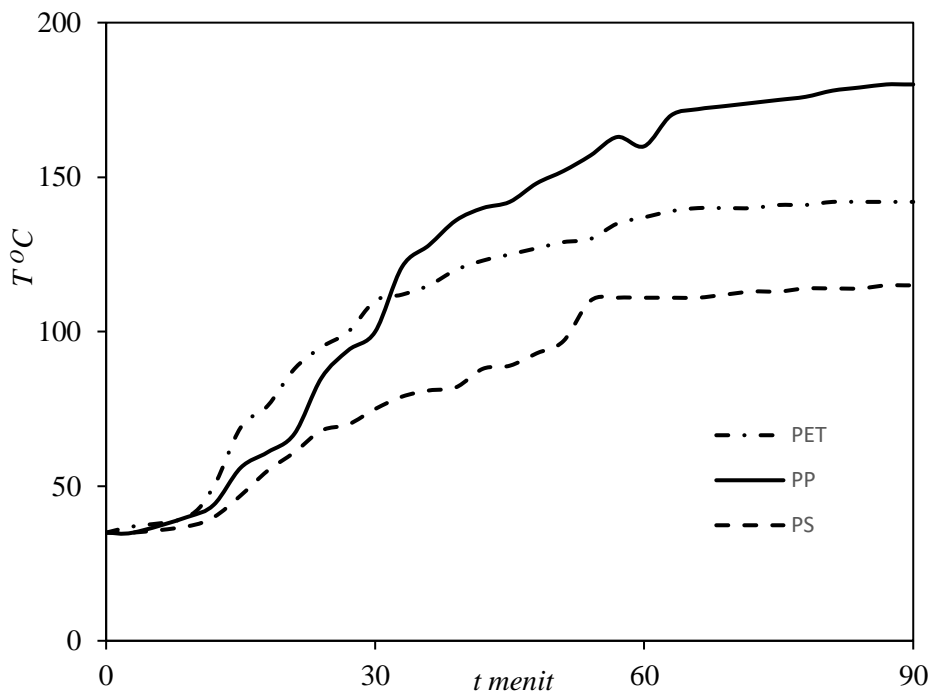
Jenis Plastik	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode ASTM
Polietilena Terereftalat (PET)	Densitas 15°	56,71	Kg/m ³	ASTM D 1298
	Kinematic viscosity at 100°C	1,106	cSt	ASTM D 445-97
	Nilai kalori	44,1	Kal/g	IK/LEL- ITS/BK
	Nilai oktane	37,8	-	IKA/LEL - ITS/Octane Analyzer
Polypropylene (PP)	Densitas 15°	0,751	Kg/m ³	ASTM D 1298
	Kinematic viscosity at 100°C	13,03	cSt	ASTM D 445-97
	Nilai kalori	159	Kal/g	IK/LEL- ITS/BK
	Nilai oktane	11	-	IKA/LEL - ITS/Octane Analyzer
Polistiren (PS)	Densitas 15°	11,0	Kg/m ³	ASTM D 1298
	Kinematic viscosity at 100°C	0,54	cSt	ASTM D 445-97
	Nilai kalori	121	Kal/g	IK/LEL- ITS/BK
	Nilai oktane	-	-	IKA/LEL - ITS/Octane Analyzer

Pengaruh Temperatur terhadap Nilai Kalori

Salah satu sifat penting dari bahan bakar adalah nilai kalor atau nilai panas, yang di definisikan sebagai energi yang di berikan ketika unit massa bahan bakar di bakar tanpa udara yang cukup. Peralatan yang di gunakan dalam menentukan nilai kalorimeter seri 5E – C5500 digital sesuai dengan ASTM D – 445-97. Nilai kalori di tunjukkan pada Tabel 3.

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai kalori yang di dihasilkan dari pirolisis limbah plastik PP adalah berada di kisaran 44 – 48 MJ/Kg. nilai – nilai ini juga mirip dengan nilai kalor bahan bakar konvensional/minyak bumi dan produk bahan bakar minyak dari pirolisis plastik yang di laporkan

oleh banyak penelitian yang berada dalam kisaran 33,6 hingga 53,4 MJ/Kg tergantung pada komposisi polimer plastik. Oleh karena itu produksi bahan bakar cair dari limbah plastik menggunakan metode ini layak untuk di terapkan.



Gambar 3. Proses kenaikan suhu pirolisis sampah plastik *polyethylene tereftalat* (PET), *polypropylene* (PP) dan *polystyrene* (PS).

Pengaruh Temperatur Proses Terhadap Nilai Oktan.

Nilai oktan adalah ukuran kemampuan bahan bakar untuk menahan ‘ketukan’. Kebutuhan oktan mesin bervariasi dengan rasio kompresi, pertimbangan geometri dan mekanik, dan kondisi pengoperasian. Semakin tinggi angka oktan, semakin besar ketahanan bahan bakar terhadap ketukan pin selama pembakaran. Kualitas anti ketukan atau oktan seperti yang di tunjukan oleh *research and motor octane number* (RON dan MON) adalah properti penting dari bahan bakar. Secara umum, kualitas anti – ketukan dari bahan bakar. Secara umum, kualitas anti - ketukan dari bahan bakar dalam kondisi operasi mesin tertentu di tentukan oleh indeks oktanya $OI = RON - KS$ di mana K adalah konstanta untuk kondisi ini dan S adalah sensitivitas, (RON-MON), semakin tinggi indeks, oktan, semakin baik kualitas anti ketukan bahan bakar. K sering di asumsikan 0,5 sehingga $OI = (RON + MON)/2$. Pengukuran bilangan oktana dengan menggunakan alat pengukur oktan portabel kohler K88600, hasil tes setara ASTM D2699 dan D2700 untuk angka oktan gasolin dan hasil tes setara ASTM D613. Nomor oktan parameter standar di tunjukan pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai oktan di pengaruhi oleh temperatur. Semakin tinggi temperatur pirolisis, angka oktan lebih rendah sama hal ini disebabkan senyawa non volatil terbentuk seperti olefin dan rantai panjang n-parafin yang meningkatkan nilai angka setana. Sedangkan pada temperatur pirolisis rendah angka octane meningkat hal ini di sebabkan terbentuknya senyawa hidrokarbon bercabang, aromatik dan polyaromatic (kelompok aromatik, nafta dan *i-alkane*). Angka oktan tinggi lebih baik untuk pembakaran mesin internal, tetapi kelompok aromatik tidak dapat di toleransi oleh lingkungan karena sulit terdegradasi, sehingga kandungan aromatik (40%, v/v), batas metode ASTM D 1319.

Karakterisasi bahan bakar cair hasil pirolisis

Tabel 3, secara umum, hampir semua parameter menunjukkan bahwa bahan bakar cair hasil pirolisis sampah plastik type *Polyethylene Tereftalat* (PET), *Polypropylene* (PP) dan *Polystyrene* (PS). Fraksi tidak sesuai spesifikasi bahan bakar gasolin menurut SK Dirjen Migas K/72/DJM/1999. kecuali

untuk kandungan gum pada bahan bakar cair fraksi atas yang nilainya lebih besar dari pada batas yang di tentukan. Kandungan gum yang tinggi nilainya karena adanya ikatan hidrokarbon tidak jenuh yang ikut saat pirolisis.

4. KESIMPULAN

Proses pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dengan metode penyulingan, dengan kesimpulan sebagai berikut: Jenis plastik *polyetylane terftalat* (PET), *polypropylane* (PP) dan *polystyrene* (PS), masing-masing diolah melalui proses pirolisis dengan berat masing-masing 1000 gr dalam waktu pengamatan masing 90 menit menghasilkan minyak sebanyak 40 mL, 100 mL dan 20 mL. Diantar ke tiga jenis plastik yang di teliti, jenis plastik yang berpotensi untuk diolah menjadi bahan bakar minyak adalah plastik *polyethylene terephthalate* (PET). hasil pengujian laboratorium dari tiga jenis sampel plastik tersebut yang telah dilakukan analisa laboratorium tidak memenuhi kelayakan sebagai bahan bakar minyak motor pembakaran dalam.

PENGHARGAAN

Penulis berterima kasih banyak kepada Universitas Muhammadiyah Surabaya melalui LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat) telah membiayai penelitian “Proses Pirolisis Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak” dengan Nomor Kontrak No.01/II.3.AU/LPPM/F/2021

DAFTAR PUSTAKA

- Arwizet, A. (2017). Mesin Destilasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Kondensor Bertingkat Dan Pendingin Kompresi Uap. *INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional Dan Teknologi*, 17(2), 75–88.
- Cahyono, M. S., Liestiono, M. R. P., & Widodo, C. (2019). Proses Pirolisis Sampah Plastik dalam Rotary Drum Reactor dengan Variasi Laju Kenaikan Suhu. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 63.
- Firmansyah, M. T., Maulana, R., & Ichsan, M. H. H. (2018). Scoring System Otomatis Pada Lomba Menembak Dengan Target Sillhouette Hewan Menggunakan Metode Klasifikasi Naïve Bayes. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 2(11), 5164–5172.
- Manurung, N. (2017). *Pembuatan Bahan Bakar Minyak Dari Limbah Plastik Dengan Menggunakan Dua Kondensor*. 6(1), 11–16.
- Maulana, E., Hariri, H., & Permana, A. (2018). Perancangan Ulang Reaktor Pirolisis Berbahan Baku Sampah Plastik. *Semnastek*, 190–194.
- Mursito, J. A., Sukadana, I. G. K., & Tenaya, I. G. N. P. (2017). Perancangan dan Pengujian Alat Destilasi Minyak Dari Limbah Sampah Plastik. *Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika*, 6(4), 311–317.
- Prasetyo, H., Rudhiyanto, Eka, I., & Fitriyanto. (2010). Mesin Pengolah Limbah Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *E-Journal Dikti*, 10, 1–5.
- Poling, B.E., Prausniz, J.M., dan O'Connel, J.P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*, 5th edition, Mc Graw-Hill, New York, USA.
- Pukoliwutang, R., Sompie, S. R. U. A., Allo, E. K., & Elektro- ft, J. T. (2017). Pengaturan Pendinginan Pada Kondensor Untuk Alat Destilasi Asap Cair. *E-Journal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), 27–34.
- Sahwan, F. L., Martono, D. H., Wahyono, S., & Wisoyodharmo, L. A. (2005). Sistem Pengelolaan Limbah Plastik di Indonesia. *Jurnal Sistem Pengolahan Limbah J. Tek. Ling. P3TL-BPPT*, 6(1), 311–318.