

# KONVERSI LIMBAH PLASTIK LDPE MENJADI BAHAN BAKAR CAIR (BBC) MENGUNAKAN KATALIS ALUMINIUM OKSIDA DAN ZEOLIT PADA MULTISTAGE SEPARATOR

## CONVERSION OF LDPE PLASTIC WASTE TO LIQUID FUEL USING ALUMINIUM OXIDE AND ZEOLITE CATALYSTS IN THE MULTISTAGE SEPARATOR

Arizal Aswan<sup>1</sup>, Adi Syakdani<sup>1</sup>, Agus Manggala<sup>1</sup>, Ica Monika<sup>1,\*</sup>, Miranda Dwi Cendani<sup>1,\*)</sup>  
Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang +620711353414/+62711355918  
e-mail : [\\*icamon2019@gmail.com](mailto:icamon2019@gmail.com), [dwicendanimiranda@gmail.com](mailto:dwicendanimiranda@gmail.com)

### ABSTRACT

According to data from the Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), the amount of waste in Indonesia in 2019 reached 68 million tons, and plastic waste is estimated at 9,52 million tons. Considering that the nature of plastic is difficult to decompose, it is necessary to handle environmentally friendly waste. One of the countermeasures for plastic waste is to convert it into liquid fuel through the pyrolysis process. The pyrolysis of LDPE plastic uses a catalytic cracking method with aluminium oxide and zeolite as catalyst. The independent variable of this study is the pyrolysis temperature variation. The temperature used are 150°C, 200°C, 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, 450°C and 500°C. The highest %yield using aluminium oxide was obtained at 350°C is 8.34%, while highest %yield using zeolite was obtained at 500°C is 10.5%. Based on the analysis conducted, it was found that the oil density using aluminium oxide was in the range 746.66 kg/m<sup>3</sup>-815.61 kg/m<sup>3</sup>, when using zeolite oil density was in the range 0.72 gr/ml-0.758gr/ml. viscosity using aluminium oxide was in the range 2.143 mm<sup>2</sup>/s-2.730mm<sup>2</sup>/s and using zeolite was in the range 2.8893 cSt – 3.4589 cSt, flash point ranges from 26°C-32°C, calorific value using aluminium oxide using zeolite was 7587,1678 cal/gr and the results of pyrolysis oil using aluminium oxide and zeolite catalyst the GCMS analysis show that the highest percentage is the C<sub>8</sub>-C<sub>10</sub> chain of 45.13% and 63%..

Keywords : LDPE plastic waste, pyrolysis, catalytic cracking

## 1. PENDAHULUAN

Pirolisis suatu teknologi yang menjanjikan yang digunakan untuk mengubah limbah plastik menjadi minyak cair dan produk sampingan berharga lainnya seperti arang dan gas dalam kondisi terkendali dan dianggap sebagai teknologi yang relatif lebih ramah lingkungan dari pada pembakaran yang tidak terkontrol (Rehan, dkk2017). Hasil pirolisis produk tergantung pada sejumlah parameter proses seperti suhu, laju pemanasan, kadar air, waktu retensi, jenis plastik dan ukuran partikel. Hasil hingga 80% dari minyak cair dari berat dapat dicapai dari limbah plastik (Wu, dkk 2014).

Proses pirolisis membutuhkan suhu yang relatif tinggi, maka untuk menurunkan suhu tersebut pada penelitian ini pirolisis dilakukan dengan metode *catalytic cracking*. Katalis yang digunakan adalah aluminium oksida dan zeolit. Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah pengaruh suhu terhadap perengkahan limbah plastik LDPE dan sifat fisik produk yang memiliki spesifikasi bensin sesuai dengan keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.833./K/10/DJM.S/2013.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap minyak yang dihasilkan, menghasilkan bahan bakar cair yang memiliki

spesifikasi bensin dan meningkatkan nilai ekonomis limbah plastik LDPE.

Manfaat penelitian yaitu diperolehnya metode yang efisien dan bernilai ekonomis dalam upaya konversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair, menghasilkan bahan bakar minyak. Selain itu luaran penelitian dapat dijadikan bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

Plastik adalah salah satu jenis makromolekul yang dibentuk dengan proses polimerisasi. Plastik merupakan senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hydrogen. Untuk membuat plastik, salah satu bahan yang sering digunakan adalah naphta, yaitu bahan yang dihasilkan dari penyulingan minyak bumi atau gas alam. Sebagai gambaran, untuk membuat 1 kg plastik memerlukan 1,75 kg minyak bumi, untuk memenuhi kebutuhan bahan bakunya maupun kebutuhan energi prosesnya (Kumar, dkk 2011).

Plastik yang memiliki struktur paling sederhana adalah *polyethylene* (PE). Salah satu jenis plastik *polyethylene* (PE) adalah *low density polyethylene*(LDPE). LDPE memiliki rumus molekul (-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-)<sub>n</sub>. Dimana n adalah jumlah atau derajat dari polimerisasi. Kode dari plastik jenis adalah angka 4 yang bermakna plastik ini mudah didaur ulang dan aman untuk digunakan pada makanan atau minuman. LDPE memiliki massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL,

separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Selain itu LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun larut dalam benzene dan *tetrachlorocarbon* (CCl<sub>4</sub>).

Pada *catalytic cracking* digunakan katalis untuk melakukan reaksi pemecahan molekul besar menjadi molekul kecil. Dengan adanya katalis dapat mengurangi temperatur dan waktu reaksi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumina, zeolit dan beberapa jenis lainnya seperti clay. Umumnya reaksi dari proses perengkahan katalitik menggunakan mekanisme perengkahan ion karbonium.

Aluminium oksida (alumina) adalah katalis asam yang dapat digunakan dalam reaksi *catalytic cracking*. Di dalam katalis ini, senyawa kimia yang terdapat didalamnya adalah aluminium dan oksigen. Senyawa ini diketahui tahan terhadap suhu yang tinggi sehingga sering digunakan sebagai katalis atau katalis padatan penunjang. Aluminium oksida memiliki kekerasan alam, relatif stabil pada suhu tinggi, struktur pori-pori berukuran besar, mudah dibentuk dan memiliki titik leleh yang tinggi.

Zeolit merupakan mineral yang terdiri dari Kristal alumino silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Zeolit alam terbentuk karena adanya proses kimia dan fisika yang kompleks dari batu-batuan yang mengalami berbagai macam perubahan di alam. Para ahli geokimia dan mineralogi memperkirakan bahwa zeolit merupakan produk gunung berapi yang membentuk menjadi bantuan vulkanik, bantuan sedimen dan batuan metamorfosa yang selanjutnya mengalami proses pelapukan karena pengaruh panas dan dingin sehingga akhirnya terbentuk mineral-mineral zeolit.

## 2. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat alat pirolisis katalitik, *flash point tester* (Koehler Instrument Company), termokopel, *bomb calorimeter* (Parr 6200), piknometer (pyrex), viscometer (Gilmond GV 2200 Barnant Company, USA), alat analisis GC-MS, neraca analitik (Radweg AS110/C/2) dan furnace (Naberthem). Adapun bahan yang digunakan adalah limbah plastik LDPE,  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Merck), zeolit alam (BrataChem Distributor), HCl 37% (Sumber Kimia), larutan NaOH 50% (Sumber Kimia), aquadest (BrataChem) dan solar.

### 2.2 Preparasi Katalis Zeolit Alam

Zeolit alam yang masih berbentuk butiran besar dihaluskan dengan cara ditumbuk hingga berbentuk butiran halus. Kemudian diayak menggunakan *shieve shaker* untuk mendapatkan ukuran 60 mesh. Zeolit alam direndam ke dalam larutan NaOH 2M dengan rasio 1:2 selama 24 jam. Setelah direndam selanjutnya dicuci dengan menggunakan aquadest hingga pH netral kemudian di saring. Setelah itu zeolit dioven pada temperatur 130°C selama 3 jam.

## 2.3 Proses Perengkahan Katalitik Limbah Plastik LDPE

Limbah plastik LDPE dengan katalis (aluminium oksida/zeolit) dimasukkan ke dalam reaktor dan dipanaskan menggunakan burner selama 60 menit pada temperatur tertentu. Limbah plastik LDPE akan terdekomposisi dan rantai panjang hidrokarbon plastik akan terpotong menjadi rantai pendek. Produk yang dihasilkan dari proses pirolisis adalah arang(char), minyak dan gas. Gas yang dihasilkan akan naik keatas menuju separator. Pada separator, gas akan naik keatas dan keluar melalui tiga pipa keluaran. Gas akan turun menuju water condenser dan dikondensasi menjadi minyak. Minyak yang berada didalam *water condenser* dapat dikeluarkan dengan cara membuka valve yang berada di bagian bawah *water condenser*.

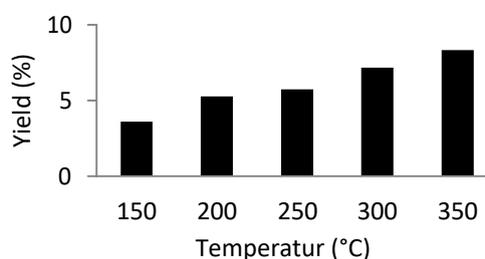
## 2.4 Karakterisasi

Analisa komposisi senyawa kimia yang terkandung didalam bahan bakar cair ditentukan dengan menggunakan *analyzer GC-MS* (Merk Thermo Scientific ISQ 7000, *mass selective* (MS) *detector*, metode *acquisition-general*). Densitas produk bahan bakar cair ditentukan dengan metode ASTM D-1298, viskositas ditentukan dengan metode *falling ball* dan titik nyala ditentukan dengan ASTM D-92.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Pengaruh Temperatur terhadap %Yield menggunakan Katalis Aluminium Oksida

Grafik pengaruh temperatur terhadap %yield yang digambarkan sebagai berikut :

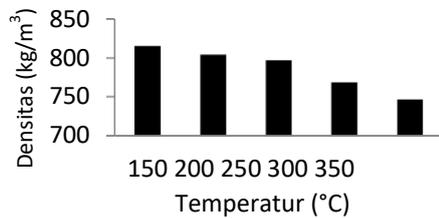


**Gambar 1.** Pengaruh Temperatur terhadap % Yield

Dari Gambar 1. dapat dilihat bahwa semakin tinggi suhu pirolisis maka semakin tinggi persentase *yield* produk yang didapatkan. Dikarenakan pirolisis pada polimer hidrokarbon memerlukan suhu yang tinggi. Sesuai dengan persamaan Arrhenius, semakin tinggi suhu maka nilai konstanta dekomposisi termal semakin besar akibatnya laju pirolisis bertambah dan konversi akan meningkat. Hal yang sama juga diungkapkan oleh Kholidah (2018) bahwa semakin tinggi temperatur maka *yield* bahan bakar cair yang dihasilkan semakin banyak. Hal ini dikarenakan, pada temperatur tinggi rantai karbon akan lebih mudah terengkah dibandingkan pada suhu rendah. % *Yield* tertinggi didapatkan pada suhu 350°C sebesar 8,34%. Sedangkan *yield* terkecil didapatkan pada suhu 150°C sebesar 3,60%. Kenaikan % *yield* pada variasi suhu tidak begitu signifikan. % *Yield* yang didapatkan tergolong kecil dikarenakan pada pirolisis sampah plastik jenis LDPE mengandung banyak lilin.

### 3.2 Pengaruh Temperatur terhadap Densitas menggunakan katalis Aluminium Oksida

Grafik pengaruh temperatur terhadap densitas yang digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 2.** Pengaruh Temperatur terhadap Densitas

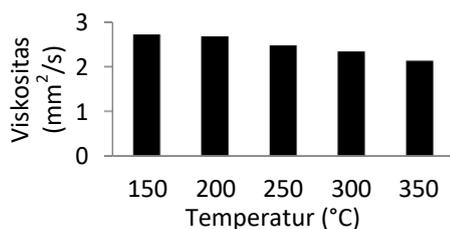
Dari Gambar 2. dapat dilihat pengaruh temperatur terhadap densitas minyak pirolisis. Semakin tinggi suhu pirolisis maka angka densitas semakin kecil. Menurut Jahiding, dkk., (2020) densitas merupakan indikator banyaknya zat-zat pengotor hasil reaksi. Semakin tinggi densitas maka semakin kental produk yang dihasilkan.

Pada penelitian ini nilai densitas tertinggi yang didapat pada suhu 150°C sebesar 815,61 kg/m<sup>3</sup>, sedangkan nilai terkecil berada pada suhu 350°C sebesar 746,66 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Selpiana, dkk., (2019) bahwa semakin tinggi temperatur nilai viskositas cenderung menurun. Hal ini disebabkan pada temperatur tinggi dihasilkan senyawa dengan rantai karbon yang lebih pendek.

Berdasarkan surat keputusan Direktur Jenderal Gas dan Minyak bumi maka nilai densitas mendekati densitas bensin yaitu 710 kg/m<sup>3</sup> - 770 kg/m<sup>3</sup> dan densitas kerosin yaitu 780 kg/m<sup>3</sup> - 835 kg/m<sup>3</sup>.

### 3.3 Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas menggunakan katalis Aluminium Oksida

Grafik pengaruh temperatur terhadap viskositas yang digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 3.** Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas

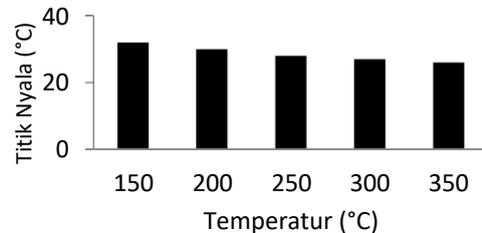
Dari Gambar 3. dapat dilihat bahwa pengaruh temperatur terhadap viskositas. Semakin tinggi suhu pirolisis maka angka densitas semakin kecil. Menurut Ademiluyi (2003), pada suhu rendah minyak pirolisis yang dihasilkan cenderung membentuk lilin, sehingga semakin tinggi suhu operasi pirolisis maka produksi lilin akan semakin berkurang. Semakin rendah nilai viskositas yang dimiliki minyak maka minyak tersebut akan semakin encer. Kenaikan nilai viskositas berbanding lurus dengan kenaikan nilai densitas.

Pada penelitian ini nilai viskositas yang didapat berkisar antara 2,143 mm<sup>2</sup>/s - 2,730 mm<sup>2</sup>/s. Nilai viskositas terendah didapatkan pada suhu 350°C, sedangkan nilai viskositas tertinggi didapatkan pada suhu 150°C. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan

Nofiyanto, dkk (2019) bahwa penurunan nilai viskositas disebabkan karena semakin tinggi temperatur akan menghasilkan rantai karbon yang semakin sederhana sehingga akan menghasilkan nilai viskositas yang semakin rendah.

### 3.4 Pengaruh Temperatur terhadap Titik Nyala menggunakan katalis Aluminium Oksida

Grafik pengaruh temperatur terhadap titik nyala digambarkan sebagai berikut :

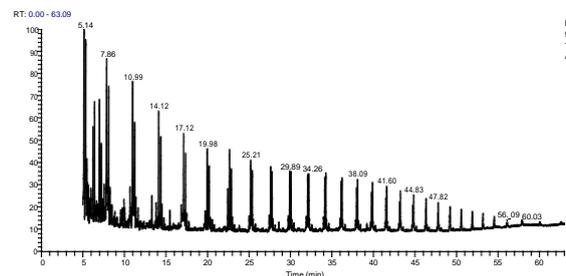


**Gambar 4.** Pengaruh Temperatur terhadap Titik Nyala

Semakin tinggi temperatur pirolisis, nilai titik nyala semakin menurun. Pada suhu operasi 150°C nilai titik nyala menunjukkan nilai tertinggi yaitu sebesar 32°C, sedangkan pada suhu operasi 350°C nilai titik nyala menunjukkan nilai terkecil sebesar 26°C. Hal ini disebabkan oleh sedikitnya kandungan air didalam minyak tersebut. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan Kurniawan, dkk., (2014) bahwa semakin tinggi suhu pirolisis, nilai titik nyala yang diperoleh semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh semakin tingginya suhu pirolisis, maka semakin cepat pula api menyambar ketika disulut karena dipengaruhi oleh kandungan air dalam minyak. Nilai titik nyala pada penelitian ini sama seperti suhu ruang, hasil ini menunjukkan bahwa minyak pirolisis LDPE mudah terbakar. Jika diukur dari nilai titik nyala maka minyak pirolisis tidak mengindikasikan bahan bakar tertentu secara spesifik.

### 3.5 Hasil Analisa GC-MS Minyak Pirolisis menggunakan katalis Aluminium Oksida

Grafik hasil analisa GC-MS digambarkan sebagai berikut :



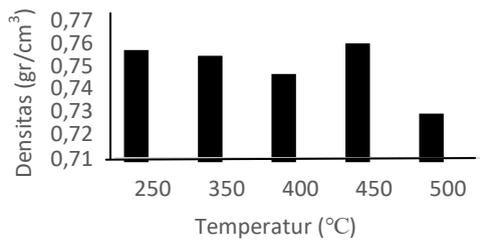
**Gambar 5.** Hasil Analisa GC-MS Minyak Pirolisis Sampah Plastik LDPE

Gambar 5. Menunjukkan hasil analisa GC-MS minyak pirolisis. Analisa GCMS dilakukan dengan waktu retensi selama 60 menit. Hasil analisa GCMS menunjukkan bahwa bahan bakar cair mengandung senyawa hidrokarbon rantai panjang yang beragam. Minyak pirolisis plastik LDPE ini mengandung fraksi bensin (C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>) sebesar 45,13%, fraksi kerosin (C<sub>11</sub>-C<sub>15</sub>) sebesar 21,19%, fraksi solar (C<sub>16</sub>-C<sub>20</sub>) sebesar 6,89%, fraksi minyak berat (C>20) sebesar 8,6% dan

senyawa lain sebesar 18,19%. Fraksi yang dominan terkandung di dalam minyak pirolisis adalah bensin namun minyak hasil pirolisis sampah plastik LDPE belum menyerupai bahan bakar tertentu secara spesifik atau masih termasuk bahan bakar campuran. Hal ini dikarenakan minyak hasil pirolisis belum dilakukan pemurnian untuk menghasilkan bahan bakar murni. Proses pemurnian yang dapat dilakukan adalah dengan proses distilasi ataupun fraksinasi.

### 3.6 Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas menggunakan katalis Zeolit

Grafik Pengaruh temperatur terhadap densitas produk yang digambarkan sebagai berikut :



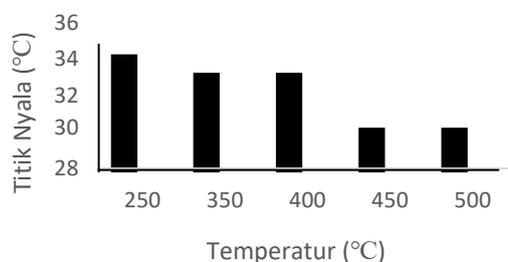
**Gambar 6.** Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Densitas

Berdasarkan Gambar 6. dapat dilihat densitas bahan bakar cair dari kelima variasi temperatur ini memiliki nilai yang berbeda-beda dan semakin Tinggi Temperatur maka densitas bahan bakar cair akan semakin rendah dan begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi temperatur konversi maka rantai karbon akan semakin pendek dan ikatan rangkap semakin sedikit sehingga densitas akan semakin turun (Shilvia, 2014).

Sesuai dengan teori densitas bahwa densitas berbanding terbalik dengan Temperatur. Densitas yang dihasilkan dengan *range* 0,72 – 0,75 gr/cm<sup>3</sup> telah memenuhi standar mutu bahan bakar cair jenis bensin 0,71- 0,77 gr/cm<sup>3</sup>, berdasarkan Dirjen Minyak dan Gas Bumi 2020.

### 3.7 Pengaruh temperatur terhadap Titik Nyala menggunakan katalis Zeolit

Grafik hubungan Pengaruh temperatur Terhadap Titik Nyala yang digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 7.** Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Titik Nyala

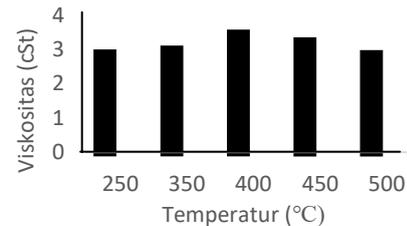
Dari Gambar 7. menunjukkan bahwa Titik nyala berbanding terbalik dengan kenaikan temperatur. Sesuai teori semakin tinggi temperatur semakin rendah titik nyala. Menurut Nasrun, dkk (2016), hal ini disebabkan karena Semakin tinggi temperatur maka

kandungan air didalam minyak semakin sedikit, sehingga semakin cepat api menyambar ketika disulut dan titik nyala yang didapatkan akan semakin kecil. Titik nyala suatu bahan bakar menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan.

Pada penelitian ini titik nyala yang dihasilkan dengan *range* 30 – 35°C. Ini menunjukkan bahwa bahan bakar cair yang dihasilkan mudah menguap bahkan pada suhu ruang.

### 3.8 Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas menggunakan katalis Zeolit

Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas yang dapat dilihat pada Gambar 8 :

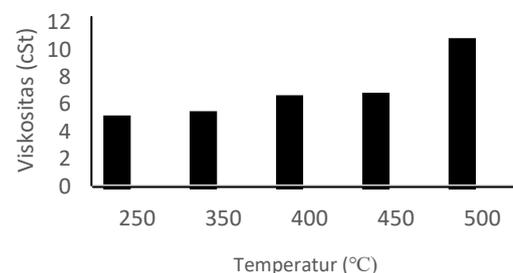


**Gambar 8.** Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Viskositas

Dari Gambar 8. didapatkan hasil bahwa semakin tinggi temperatur maka viskositasnya semakin rendah. Hal ini disebabkan adanya gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila temperatur ditingkatkan dan akan menurun kekentalannya. Ini juga didukung dari hasil GC-MS dimana fraksi ringan masih sangat banyak terkandung di bahan bakar cair dibanding fraksi berat. Nilai viskositas yang tinggi akan menyebabkan semakin sulitnya bahan bakar cair mengalir, sehingga perlu dibatasnya nilai viskositas bahan bakar cair (Herman, 2010). Sesuai teori viskositas berbanding terbalik dengan temperatur, viskositas yang dihasilkan dengan *range* 2,88 - 3,55 cSt.s

### 3.9 Pengaruh Temperatur Terhadap % Yield menggunakan katalis Zeolit

Grafik hubungan tersebut dapat di lihat pada Gambar 9



**Gambar 9.** Grafik Pengaruh Temperatur Terhadap Persen Yield

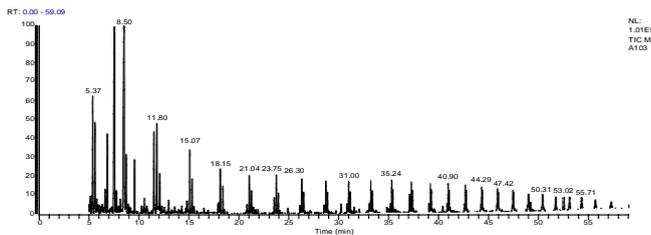
Dari Gambar 9. dapat diamati bahwa Persentase *yield* yang diperoleh dari penelitian ini berbanding lurus dengan temperatur. Hal ini disebabkan karena reaksi pirolisis pada LDPE merupakan reaksi penguraian akibat adanya panas sehingga kemungkinan kontak antar zat semakin besar dan akan menghasilkan konversi yang besar. Menurut Lourentinues (2018)

persen *yield* akan meningkat dengan meningkatnya temperatur menandakan bahwa reaksi pirolisis sampah plastik bersifat endotermis atau reaksi yang membutuhkan panas,

Pada penelitian ini juga semakin tinggi temperatur menyebabkan terbentuknya residu-residu dan kotoran-kotoran sehingga volume produk menjadi semakin banyak.

### 3.10 Hasil Analisa GC-MS Minyak Pirolisis menggunakan Katalis Zeolit

Grafik hasil analisa GC-MS digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 10.** Grafik Hasil Analisa GC-MS Bahan Bakar Cair dari LDPE

Dari Gambar 10. Kromatogram hasil pengujian GC-MS menunjukkan adanya 100 puncak, dimana puncak tertinggi dengan waktu resistensi 8,50 menit dan persen area sebesar 15,09 % yaitu *styrene*. Bahan Bakar cair yang dihasilkan ini tidak mengandung zat-zat yang memiliki fraksi <math>C\_7</math> karena hidrokarbon dengan rantai karbon dibawah  $C_7$  termasuk

hidrokarbon berfase gas yang tidak dapat dikondensasi, sehingga menguap ke udara.

Perengkahan LDPE dengan katalis zeolit dihasilkan senyawa karbon dengan jumlah karbon  $C_7 - C_{11}$  sebanyak 63 % ini setara dengan bahan bakar bensin. Selain itu jumlah rantai karbon  $C_{12} - C_{19}$  sebanyak 16 % yang setara dengan diesel dan kerosen. Hal ini membuktikan bahwa bahan bakar cair dari sampah plastik dengan menggunakan katalis zeolit dapat digunakan untuk merengkah LDPE menjadi bahan bakar cair yang berpotensi dapat digunakan sebagai bahan bakar cair setara Gasolin.

### 3.11 Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Bahan bakar cair diperoleh dari plastik low density polyethylene (LDPE) yang dikonversi melalui proses *catalytic cracking* menggunakan katalis zeolit dan  $Al_2O_3$ . Kualitas dari bahan bakar cair ditentukan melalui karakteristik fisis bahan bakar cair seperti densitas, viskositas, titik nyala dan nilai kalor. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan juga perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa konversi plastik low density poltethylene (LDPE) menjadi bahan bakar cair menggunakan katalis zeolit teraktivasi asam. Kondisi operasi yang digunakan adalah  $500^\circ C$  selama 120 menit dengan produk yang dihasilkan sebesar 10,5%. Bahan bakar yang dihasilkan mengandung senyawa hidrokarbon dengan rentang  $C_7-C_{11}$  (Gasolin) 63%,  $C_{12}-C_{19}$  (Kerosin) 16% dan  $>C_{20}$  (Minyak Berat) 21%.

**Tabel 1.** Perbandingan Bahan Bakar Cair yang Dihasilkan dengan Penelitian Terdahulu

Bahan Baku	Metode	Kondisi Operasi	K talis	Produk Utama	Yield (%)	Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	Viskositas (mm <sup>2</sup> /s)	Titik Nyala (°C)	Referensi
Polypropylene dan Low Density Polyethylene	Pirolisis Katalitik	T = 300°C, 400°C t = 60 Menit	Zeolit	Solar dan kerosin	PP = 27,05% LDPE = 37,43%	PP = 855 LDPE = 910	PP = 0,70 LDPE = 0,68	-	Endang, dkk. (2016)
Styrofoam	Pirolisis Katalitik	T = 250°C	$Al_2O_3$ (6% w/w)	Bensin	17,00%	763,0	-	-	Kholidah, (2018)
Low Density Polyethylene dan Polyvinil Chloride	Pirolisis Katalitik	T = 550°C	Ni-Cr/zeolite	kerosin	-	-	-	-	Nindita, (2015)
Low Density Polyethylene	Pirolisis Katalitik	T = 450°C	Zeolit Alam (0,05 w/w)	Kerosin dan Diesel	56,75%	813,7	1,639	-	Kurniawan dan Saptoadi, (2016)
Low Density Polyethylene	Pirolisis Katalitik	T = 350°C t = 120 Menit	$Al_2O_3$ (4% w/w)	Bensin	8,34%	815,61	2,730	32	Penelitian Sekarang
Low Density Polyethylene	Pirolisis Katalitik	T = 500°C t = 120 Menit	Zeolit Teraktivasi Asam (20% w/w)	Bensin	10,5%	727,8	2,9661	35	Penelitian Sekarang

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Semakin tinggi temperatur maka % yield yang dihasilkan semakin tinggi, dikarenakan apabila bahan baku sampah plastik yang terkena temperatur tinggi maka rantai karbon akan lebih mudah terengkah dibandingkan jika terkena temperatur yang lebih rendah.
2. Didapatkan % yield dari bahan baku sampah plastik *Low Density Polyethilene* (LDPE) dengan katalis zeolite % yield terendah yang didapatkan 4,84% dan yang tertinggi 10,5%. Kemudian bahan baku LDPE dengan menggunakan katalis alumunium oksida % yield terendah yang didapatkan adalah 3,60% dan yang tertinggi 8,34%.
3. Didapatkan densitas terendah yang didapatkan pada produk LDPE dengan katalis zeolit adalah 0,72 gr/ml dan yang tertinggi adalah 0,758 gr/ml, sedangkan produk LDPE dengan katalis alumunium oksida densitas terendah didapatkan sebesar 746,66 kg/m<sup>3</sup> sedsangkan yang tertinggi didapatkan sebesar 815,61 kg/m<sup>3</sup>.
4. Didapatkan viskositas dari bahan baku plastik LDPE dengan katalis zeolit berkisar

antara 2,8893 cSt - 3,1092 cSt sedangkan bahan baku plastic LDPE dengan katalis alumunium oksida berkisar antara 2,143 mm<sup>2</sup>/s – 2,730 mm<sup>2</sup>/s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ademiluyi, T. 2007. *Preliminary Evaluation of Fuel Oil Produced From Pyrolysis of Waste Sachets*. University of Science and Technology.
- Arita, Susila., Abrar Assalami dan Dina Irawaty Naibaho. 2015. *Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis Zeolit*. Jurnal Teknik Kimia No.2, Vol.21.
- Jahidding, M, E Nurfianti, E S Hasan, R S Rizki dan Mashuni.2020. *Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena*. Jurnal Gravitasi 19 (1), 6-10.
- Endang, K., Mukhtar G, Abed Nego dan F X Angga Sugiyana. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. ISSN 1693-4393.
- Kholidah, Nurul. 2018. *Pengaruh Temperatur terhadap Persentase Yield pada Proses Perengkahan Katalitik*
- Kumar S., Panda, A.K., dan Singh, R.K., 2011, *A Review on Tetriary Recycling of High-Density Polyethylene to fuel, Recources, Conversation and Recycling*. Vol. 55 893-910.
- Kurniawan, Eddy dan Nasrun. 2014. *Karakteristik Bahan Bakar Dari Sampah Plastik Jenis High Density Polyethylene (HDPE) Dan Low Density Polyethylene (LDPE)*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 3:2, 41-52.
- Kurniawan, Stephanus Danny dan Harwin Saptoadi. 2016. *Pengaruh Massa Katalis Zeolit Alam Pada Proses Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE)*. Jurnal Teknologi Technoscintia Vol. 9 No. 1.
- Nasrun, Eddy Kurniawan dan Inggit Sari. 2016. *Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal 5:1 30-44.

Nindita, Velma. 2015. *Studi Berbagai Metode Pembuatan BBM Dari Sampah Plastik Jenis LDPE dan PVC Dengan Metode Thermal & Catalytic Cracking (Ni-Cr/ZEOLIT)*. Teknis, Volume 10, Nomor 3 : 137 – 144.

Nofiyanto, Agus., Gatot Soebiyakto dan Purbo Suwandono. 2019. *Studi Proses Pirolisis Berbahan Jerami Padi Terhadap Hasil Produksi Char dan Tar Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. PROTON Vol. 11 No. 1.

*Sampah Plastik menjadi Bahan Bakar Cair*.  
Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan. Vol. 2 No.1.

Selpiana, Prahady Susmanto, Lia Cundari, Rizka Wulandari Putri, Omar Ibrahim dan Dedek Oktari. 2019. *Pengaruh Waktu dan Temperatur Terhadap Sifat Fisik Cairan Hasil Proses Perengkahan Limbah Plastik Jenis Expanded Polystyrene*. 30(2).

Wu, J., Chen, T., Luo, X., Han, D., Wang, Z., Wu, J.,  
2014. *TG/FTIR analysis on co-pyrolisis behavior of PE, PVC dan PS*. Waste Manage. 34, 676-6.