

## PIROLISIS LIMBAH PLASTIK POLIETILENA BERDENSITAS RENDAH MENGUNAKAN KATALIS DOLOMIT

Tania Ardisa<sup>1</sup>, Dikdik Mulyadi<sup>2</sup>, Salih Muharam<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Kimia, UMMI, email : tantandisa@gmail.com

<sup>1</sup>Dosen Program Studi Kimia, UMMI

### ABSTRAK

Sampah plastik merupakan masalah utama yang merusak lingkungan. Di Indonesia saat ini penanganan sampah plastik telah berkembang ke arah daur ulang plastik tersier menjadi bahan bakar cair. Komposisi kimia plastik salah satunya adalah HDPE dan LDPE. HDPE dan LDPE merupakan polimer yang terbentuk dari monomer polietilena. Pada penelitian ini rantai karbon polimer diputuskan dengan cara pirolisis berkatalis dolomit untuk menghasilkan senyawa karbon dengan rantai karbon lebih pendek. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengetahui penambahan katalis terhadap volume bahan bakar cair pada limbah plastik LDPE dengan katalis dolomit dan mengetahui jenis bahan bakar cair yang dihasilkan oleh limbah plastik LDPE. Katalis dolomit di karakterisasi oleh *Scanning Electron Microscopy–Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (SEM-EDX), dan bahan bakar cair yang dihasilkan dianalisis oleh *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), Kromatografi Gas-Spektroskopi Massa (GC-MS) dan kalorimeter. Hasil dari penelitian ini menunjukkan pemanasan katalis dolomit pada suhu 400°C adalah kondisi terbaik untuk menghasilkan bahan bakar cair dengan jumlah paling tinggi dan komposisi kimia susunan bahan bakar cair komersial.

*Kata kunci : pirolisis1, LDPE2, katalis dolomit3*

### PENDAHULUAN

Pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah industri maupun limbah rumah tangga akhir-akhir ini mendapat sorotan dikarenakan setiap tahun diproduksi oleh seluruh dunia karena berkembangnya teknologi maupun jumlah populasi penduduk yang meningkat. Di Indonesia, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton

per tahun (Surono 2013). Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula limbah plastik. Oleh karena itu, perlu tindak lanjut untuk menangani limbah plastik yaitu dengan mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar cair.

Beberapa metoda dapat digunakan untuk mengubah limbah plastik menjadi bahan bakar seperti *hydrocracking*, *thermal cracking* (pirolisis) dan *catalytic*

cracking. Pirolisis dapat dilakukan dengan atau tanpakanalisis, tetapi dalam penelitian ini limbah plastik menggunakan katalis.

Menurut Hanif *et al* (2016) bahwa dolomit dapat berpotensi untuk dikembangkan karena memiliki pengaruh dalam menurunkan persentase aromatis juga berpengaruh dalam meningkatkan persentase parafin. Selain itu, katalis dolomit masih jarang digunakan dalam penelitian pirolisis, di samping itu katalis dolomit juga memiliki keunggulan yaitu katalis alam yang mudah didapatkan dan relatif murah harganya. Adapun aktivasi dolomit dalam penelitian ini yaitu dengan pemanasan pada suhu 200, 400, dan 500°C. Tujuan penelitian ini mengetahui penambahan katalis terhadap volume bahan bakar cair pada limbah plastik

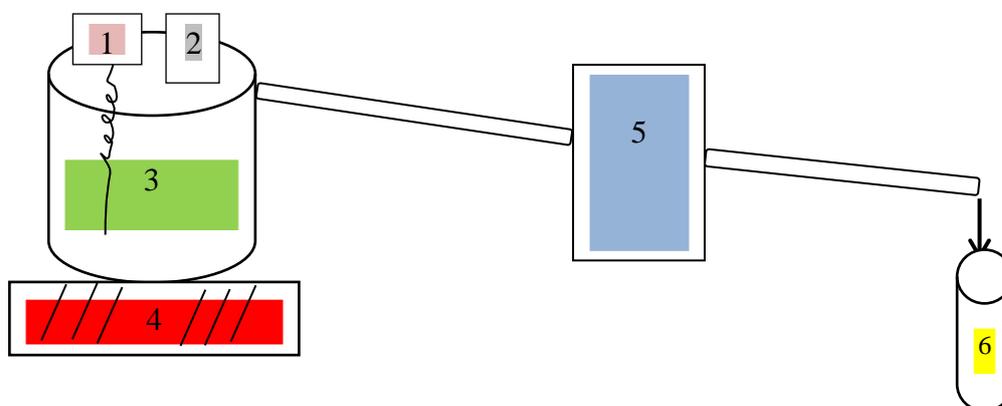
LDPE dengan katalis dolomit. Mengetahui jenis bahan bakar cair yang dihasilkan oleh limbah plastik LDPE menggunakan katalis dolomit. Untuk mengetahui berapa banyak volume bahan bakar cair.

## METODOLOGI

### ALAT dan BAHAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat pirolisis (reaktor pirolisis, termokopel, botol kaca, kondensor), spektrofotometer FT-IR, spektrofotometer GC-MS, SEM-EDX, timbangan, gelas ukur, gunting, tanur dan thermometer.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) yaitu botol plastik, aquades, dan katalis dolomit.



**Gambar 1.** Skema Alat

Keterangan:

- 1. Termokopel
- 2. Tempat masuknya sampel
- 3. Tabung pirolisis

- 4. Kompor smawar (tekanan tinggi)
- 5. Kondensor
- 6. Botol kaca

### PREPARASI LDPE

Limbah plastik LDPE dibersihkan dari pengotor dengan akuades. Kemudian

dikeringkan di bawah sinar matahari dan dipotong sampai dengan ukuran 5x5 cm.

**PREPARASI KATALIS DOLOMIT**

1,5 Kg katalis dolomit berukuran 200 mesh. Dipanaskan masing-masing pada suhu 200, 400, dan 500°C. Selama 2 jam dalam tanur setelah itu di karakterisasi oleh SEM-EDX.

**PIROLISIS LDPE**

Kondisi percobaan pirolisis LDPE menjadi bahan bakar cair ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Kondisi pirolisis LDPE menjadi bahan bakar cair menggunakan katalis dolomit

Katalis yang diperlakukan pada suhu (°C)	Bobot katalis Dolomit (g)	Bobot LDPE (g)
25	250	1000
200	250	1000
400	250	1000
500	250	1000

**KARAKTERISASI BAHAN BAKAR CAIR**

Bahan bakar cair dikarakterisasi oleh GC-MS, FT-IR, dan Kalorimeter bom. Kondisi alat GC-MS dalam mengukur bahan bakar cair diuraikan di bawah ini.

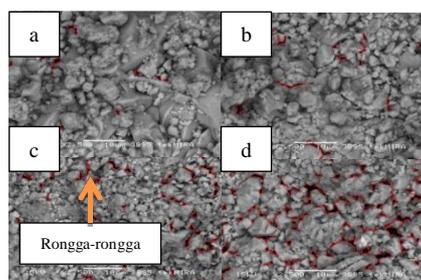
- Gas pembawa = helium
- Laju alir = 1.31 mL menit<sup>-1</sup>
- Suhu kolom = 60°C
- Suhu detektor = 310°C
- Suhu injeksi = 280°C
- Waktu analisa = 30 menit
- Rentang m/z = 35-500

Adapun alat kalorimeter bom dalam mengukur bahan bakar cair adalah sebagai berikut.

- Tekanan = 30 atm
- Tegangan = 110 watt
- t<sub>awal</sub> = 25°C
- t<sub>akhir</sub> = 29,5°C
- Kawat = Nikel-Krom

**HASIL DAN PEMBAHASAN KARAKTERISASI MORFOLOGI KATALIS DOLOMIT**

Gambar SEM untuk katalis dolomit ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** SEM Katalis dolomit: (a) tanpa pemanasan (b) pemanasan pada suhu 200°C (c) pemanasan pada suhu 400°C (d) pemanasan pada suhu 500°C. 2500 X pembesaran

Berdasarkan Gambar 1, katalis dolomit yang baik yaitu pada suhu 400°C, dilihat dari pori-porinya yang seragam. Fungsi dari katalis yang seragam yaitu kemudahan dalam pemisahan dan mempercepat reaksi dengan menurunkan energi aktivasi (Aguado *et al* 2006).

Menurut Adler (2007), unsur Ca merupakan unsur yang paling dominan dalam batuan karbonat atau katalis dolomit yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil EDX katalis dolomite

Tanpa pemanasan		Dipanaskan pada suhu 200°C		Dipanaskan pada suhu 400°C		Dipanaskan pada suhu 500°C	
Unsur	Massa %	Unsur	Massa %	Unsur	Massa %	Unsur	Massa %
C	4.13	C	6.52	C	6.07	C	6.43
O	28.40	O	34.59	O	32.85	O	33.14
Mg	0.14	Mg	0.24	Mg	0.16	Mg	0.17
Ca	67.33	Ca	58.65	Ca	60.92	Ca	60.26

**PIROLISIS LDPE OLEH KATALIS DOLOMIT**

Hasil pirolisis LDPE dengan berbagai variasi katalis dolomit ditunjukkan oleh Tabel 3.

**Tabel 3.** Hasil pirolisis LDPE pada variasi katalis

No	Perlakuan Katalis Dolomit	Massa/bobot LDPE (Kg)	Volume Hasil pirolisis (mL)	Nilai Kalor (J/gr)
1	Tanpa pemanasan	1	450	45.207,2453
2	Dipanaskan pada suhu 200°C	1	500	-
3	Dipanaskan pada suhu 400°C	1	650	45.528,7019
4	Dipanaskan pada suhu 500°C	1	550	-
5	Tanpa penambahan katalis	1	450	-

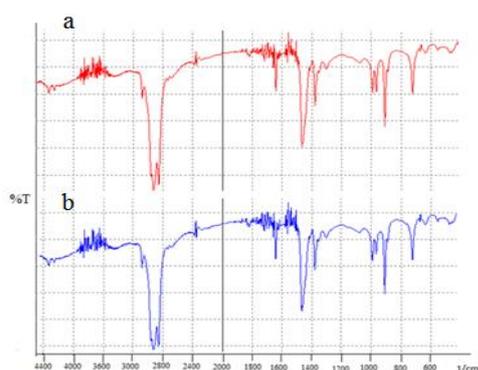
Menurut Syamsiro (2015) katalis berpengaruh penting terhadap kualitas produk hidrokarbon karena dapat mempengaruhi laju reaksi terutama menurunkan energi pada saat pembakaran, serta meningkatkan jumlah volume bahan bakar cair. Berdasarkan Tabel 4 hasil pirolisis dengan katalis dolomit tanpa pemanasan menghasilkan volume yang rendah, karena katalis dolomit belum aktif sehingga bahan bakar cair yang dihasilkan tidak maksimal (He2010). Pada hasil pirolisis tanpa katalis

menghasilkan volume yang rendah juga, karena katalis sangat berpengaruh untuk menghasilkan volume bahan bakar cair yang diinginkan sehingga tanpa penambahan katalis akan menghasilkan senyawa aromatis yang tinggi (Hanif *et al.* 2016). Semakin dipanaskan suhunya maka semakin banyak hasil pirolisis yang didapat, katalis dolomit aktif pada suhu 400°C menghasilkan volume bahan bakar cair yang paling banyak yaitu 650 mL, dan katalis dolomit yang dipanaskan pada suhu 500°C menghasilkan volume 550

mL, ini dikarenakan katalis dolomit akan menggumpal yang dilihat dari morfologi SEM sehingga tidak bekerja secara maksimal pada saat pirolisis (Tursunov 2014). Nilai kalor merupakan jumlah energi yang dilepaskan dalam proses pembakaran suatu bahan bakar. Nilai kalor dari hasil pirolisis LDPE menggunakan katalis dolomit tanpa pemanasan dan pemanasan pada suhu 400°C berturut-turut yaitu 45.207,2453 J/gr dan 45.528,7019 J/gr dimana nilai kalor ini lebih baik dibandingkan penelitian Joko Santoso 2010 nilai kalor yang didapat yaitu 43.330 J/gr.

**KARAKTERISASI BBM HASIL PIROLISIS MENGGUNAKAN KATALIS DOLOMITOLEHFT-IR dan GC-MS**

Gambar Spektra IR hasil pirolisis ditunjukkan pada Gambar 2.

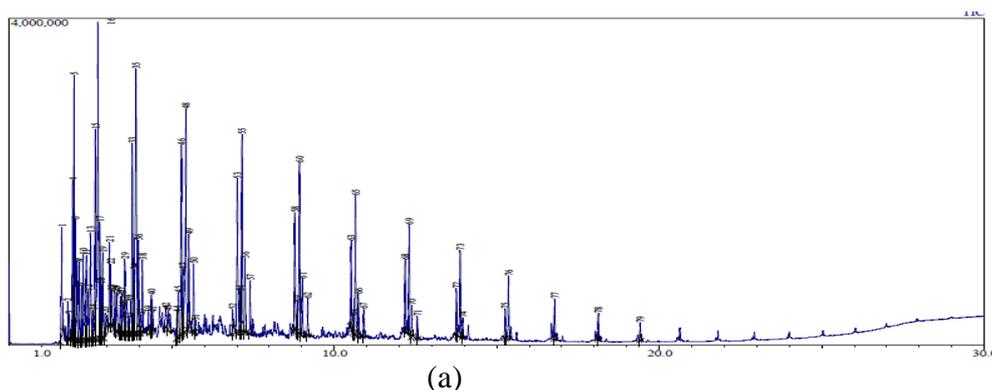


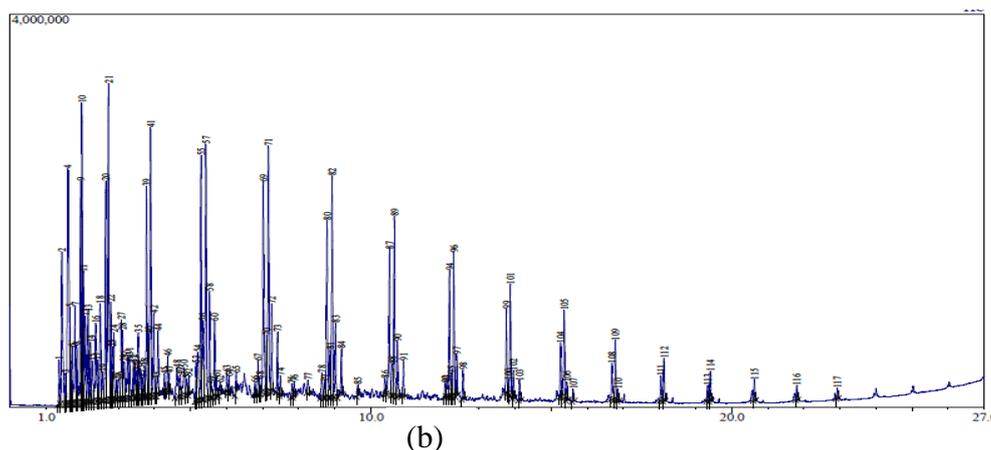
**Gambar 3.** Spektra FT-IR hasil pirolisis LDPE: (a) katalis dolomit tanpa pemanasan (b) katalis dolomit pemanasan 400°C

Berdasarkan Gambar 6 (a) dan (b) memperlihatkan spektra FT-IR yang hampir sama. Pada bilangan gelombang 2800-3000  $\text{cm}^{-1}$  diidentifikasi sebagai gugus alkil C-H  $\text{sp}^3$ , sedangkan pada bilangan gelombang 1649-1641  $\text{cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur C-C. Adanya bilangan gelombang 1462-1377  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi tekuk C-H  $\text{sp}^3$ , sedangkan vibrasi ulur C=C  $\text{sp}^2$  terdapat pada bilangan gelombang 1458-1546  $\text{cm}^{-1}$ . Selanjutnya vibrasi tekuk C=CH<sub>2</sub>  $\text{sp}^2$  pada bilangan gelombang 908-840  $\text{cm}^{-1}$ , adapun bilangan gelombang 738-551  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi tekuk -CH=CH-cis. Data tersebut sesuai dengan yang telah dilakukan oleh Hanifah (2015).

**GC-MS**

Gambarkromatogram GC-MS hasil pirolisis ditunjukkan pada Gambar 3.





**Gambar 4.** Kromatogram hasil pirolisis LDPE: (a) katalis dolomit tanpa pemanasan dan (b) katalis dolomit pemanasan 400°C

Berdasarkan Gambar 3(a) dan (b) menunjukkan total waktu retensi hasil pirolisis hampir sama yaitu 1-22 menit dan rantai karbon yang dihasilkan C<sub>7</sub>-C<sub>10</sub> yang merupakan fraksi dari bensin. Senyawa yang

diperoleh dari hasil pirolisis LDPE dengan katalis dolomit tanpa pemanasan ditunjukkan pada Tabel 4 dan pada pemanasan suhu 400°C disajikan dalam Tabel 5.

**Tabel 4.** Senyawa yang dominan hasil pirolisis dengan katalis dolomit tanpa pemanasan

Puncak	Waktu Retensi	SI	% Area	Senyawa yang diduga	Rumus
4	1.948	95	2,11	Siklopentana	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>
5	1.989	97	3,04	Heptana	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>
13	2.490	81	2,20	Toluena	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
15	2.644	95	3,34	1-Oktena	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>
16	2.722	93	6,17	Oktana	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
33	3.781	94	2,90	1-Nonanol	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub> O
35	3.895	94	4,72	Nonana	C <sub>9</sub> H <sub>20</sub>
46	5.290	94	3,21	Siklopropana	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>
48	5.430	95	4,77	Dekana	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>
53	7.012	95	3,29	1-Undekanol	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub> O
55	7.158	94	3,68	Undekana	C <sub>11</sub> H <sub>24</sub>
58	8.781	96	2,16	1-Dodekanol	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O
60	8.925	95	3,08	Tetradekana	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>
65	10.649	95	2,54	Tridekana	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>

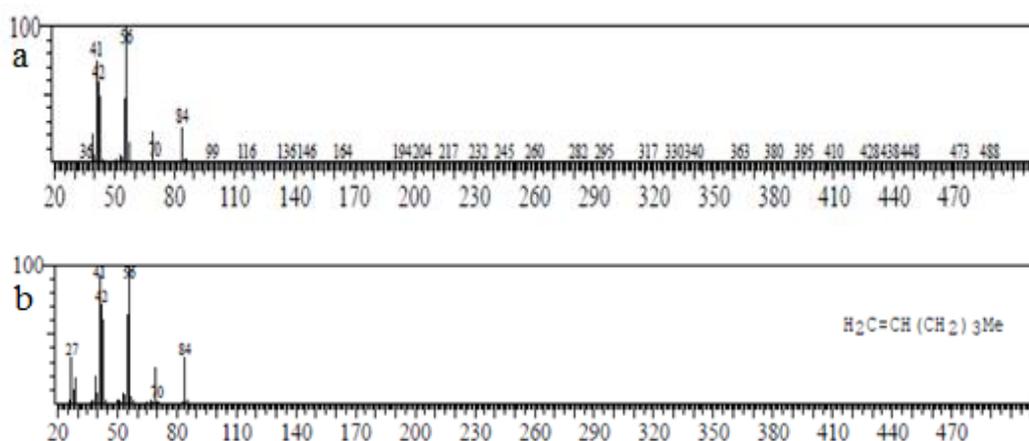
**Tabel 5.** Senyawa yang dominan hasil pirolisisBBC dengan katalis dolomit pemanasan pada suhu 400°C

Puncak	Waktu Retensi	SI	% Area	Senyawa yang diduga	Rumus
4	1.592	94	4,60	Heksena	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>
10	1.991	96	2,76	Heptana	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>
20	2.644	95	2,45	1-Oktena	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>
21	2.720	93	4,19	Oktana	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>
55	5.289	95	2,94	Siklopropana	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>
57	5.426	94	3,90	Dekana	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>
82	8.924	95	2,95	Dodekana	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>
87	10.515	95	2,11	1-Dodekanol	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O
89	10.648	94	2,33	Tridekana	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub> O

Dari hasil GC di atas selanjutnya dianalisis dengan MS (*mass spectrometry*) kemudian dibandingkan dengan *data base* (pustaka) yang ada. Pada spektra massa puncak 4 yang merupakan senyawa heksena, puncak 5 merupakan senyawa heptana, dan puncak 16 merupakan senyawa oktana.

Pada spektra massa puncak 4 (Gambar 4), terlihat bahwa puncak 4 mempunyai

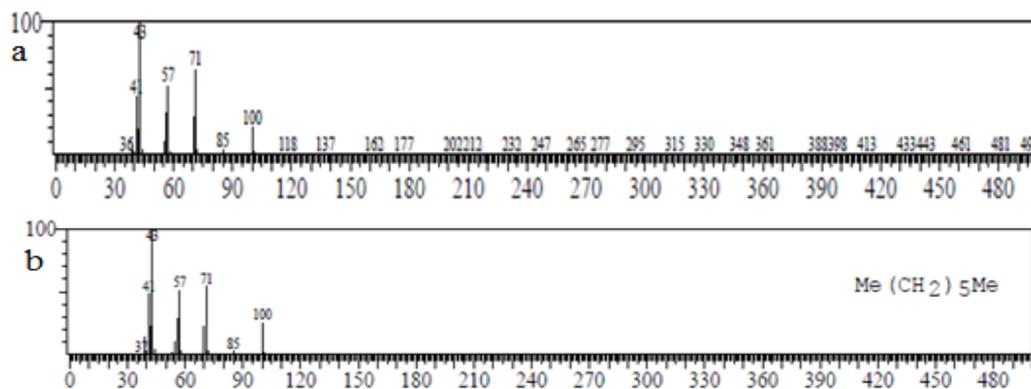
puncak ion molekul dengan m/z sebesar 84. Sedangkan untuk kelimpahan puncak ion tertinggi terjadi ketika m/z sebesar 56. Intensitas puncak ion molekul yang tinggi pada m/z 56 menunjukkan ion molekul tersebut paling stabil dan disebut sebagai puncak dasar. Munculnya puncak pada m/z 41 merupakan ion alkil (C<sub>n</sub>H<sub>2n-1</sub>) karena adanya pelepasan dua atom hidrogen.



**Gambar 5.** Spektra massa puncak 4

Pada spektra massa puncak 5 (Gambar 5) ditunjukkan bahwa puncak ion molekulnya terletak pada m/z 100, sedangkan

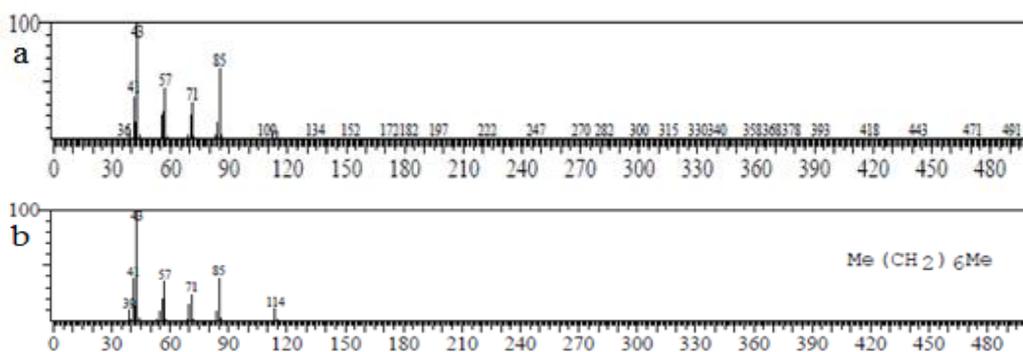
sebagai puncak dasar (ion molekulnya yang paling stabil) muncul pada m/z 43.



Gambar 6. Spektra massa puncak 5

Pada spektra massa puncak 16 (Gambar 17) bahwa puncak ion molekul terletak pada m/z 114, sedangkan sebagai puncak dasar ion (ion molekul yang paling

stabil; ion fragmen terbanyak) ditunjukkan pada m/z 43, puncak m/z 43 dengan ion fragmen  $C_3H_7^+$ .



Gambar 7. Spektra massa puncak 16

Bahan bakar hasil pirolisis menggunakan katalis dolomit yang telah dilakukan sesuai dengan komposisi bahan bakar komersial seperti bensin dan solar yang merupakan campuran kompleks dari puluhan hingga ratusan senyawa hidrokarbon dengan rentang  $C_4$  hingga  $C_{20}$ . Senyawa penyusun utama bahan bakar tersebut yaitu alkana (rantai lurus, bercabang atau senyawa siklis), senyawa aromatis, dan sedikit olefin (Muharam, 2012).

### KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa katalis mempengaruhi laju reaksi karena menurunkan energi aktivasi. Selanjutnya katalis dolomit yang dipanaskan berpengaruh pada kecepatan reaksi, sehingga katalis dolomit pada suhu  $400^{\circ}C$  menghasilkan volume bahan bakar cair yang paling banyak yaitu 650 mL. Bahan bakar cair yang dihasilkan adalah fraksi bensin dengan rantai karbon  $C_7-C_{10}$ .

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Adler J. 2007. Pengaruh Matriks dan Porositas Batuan Karbonat Formasi Parigi, Palimanan-Cirebon. *Majalah Ilmia UNIKOM*. Vol 9(1). Pp 51-60
- [2] Aguado J. Serrano DP. Escola JM. 2006. Catalytic upgrading of plastic wastes. *J Scheirs (Ed.) Feedstock recycling and pyrolysis of waste plastics*. pp73-110.
- [3] Hanifah H. 2015. Pembuatan Bahan Bakar Cair dari Limbah Plastik Polietilena Berdensitas Rendah (*Low Density Polyethylene, LDPE*) dan Polipropilena (PP) Dengan Katalis Zeolit [*Skripsi*]. Sukabumi: Program Studi Kimia Fakultas Saintek UMMI
- [4] Hanif M. Varischa V. Pauzi GA. Azwar E. 2016. Pengaruh Dolomit Terkalsinasi Pada Karakteristik Produk Cair Pirolisis Limbah Plastik Jenis Polistirena dan Polipropilena. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol 4(2). Pp 227-232.
- [5] Muharam Y, Hadiwijaya C dan Suryadi J. 2012. Penentuan Angka Oktana Bahan Bakar Komersial dengan Menggunakan Model Kinetika Oksidasi dan Pembakaran Hidrokarbon Multikomponen. *Reaktor*. Vol 14(2). Pp 109-117.
- [6] Santoso Joko. 2010. Uji Sifat minyak plastik Pirolisis dan Uji Perormasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik.
- [7] Surono UB. 2013. Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik*. Vol. 3. Pp 23-40.
- [8] Syamsiro M. 2015. Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Teknik*. Vol 5(1). Pp 47-56.
- [9] Tursunov O. 2014. A Comparison Of Catalysts Zeolite and Calcined Dolomite For Gas Production From Pyrolysis Of Municipal Solid Waste (MSW). *Ecological Engineering*. Vol 69. Pp 237-243