

PIROLISIS LAMBAT CAMPURAN BATUBARA DAN PLASTIK DENGAN KATALIS ZEOLIT ALAM

Wahyu Haryono¹, Novi Caroko², Thoharudin³

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta^{1,2,3)}

Bantul, Yogyakarta

Email : thoharudin@ft.umy.ac.id³

ABSTRACT

This research aims to find out the characteristic of slow pyrolysis of coal and plastic mixtures involving natural zeolite as catalyst. Coal was screened in the mesh size of -6 +8 and plastic collected from waste grocery bags were cut in small sizes. Coal and plastic were mixed together in the percentages of 0%, 10%, 20% and 30% of plastic. Coal and plastic mixtures were feeded in the fixedbed pyrolyzer with natural zeolite addition then heated until desired temperature (400°C, 450°C and 500°C) in absence oxygen. The pyrolysis vapor produced from heating was condensed by separated water cooling. The condensation liquid formed was collected and analyzed using GCMS to determine the composition of liquid fraction. This research results that the higher temperature pyrolyzer the higher conversion of coal and plastic mixtures is by reducing char product. In addition, by the plastic added in the coal pyrolysis enriches alkane compounds and reduces percentages of PAH compounds. The natural zeolite addition affects in the increase of percentage of alcohol compounds with the alkene compounds reduction.

Keywords : Slow Pyrolysis, Coal, Plastic, Natural Zeolite, GCMS.

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki ketersediaan energi yang melimpah dalam sektor batubara, akan tetapi sejak tahun 2015 produksi batubara dunia mengalami penurunan akibat dari banyaknya suplai batubara yang ada di pasar internasional. Hal ini berdampak pada berhenti operasinya beberapa perusahaan yang bergerak dalam sektor pertambangan batubara (N.D. Wahyuni, 2015).

Sementara itu, Indonesia memiliki masalah pada penanganan sampah terutama sampah plastik yang berasal dari bekas kantong plastik dan botol minuman. Sampah plastik di Indonesia mencapai 187,2 ton pertahun yang merupakan urutan kedua dunia penghasil sampah plastik setelah Tiongkok (H. Triyoga, 2016). Disisi lain, plastik merupakan polimer yang terbuat dari minyak bumi sehingga ditinjau dari segi energi, sampah plastik merupakan sumber energi yang murah dan memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sebesar 42,1 hingga 49,4 MJ/kg (B. Kunwar, H.N. Cheng, S.R. Chandrashekar, and B.K. Sharma, 2016).

Batubara dan plastik sama-sama memiliki nilai kalor yang cukup tinggi akan tetapi dalam segi penggunaannya batubara dan plastik memiliki keterbatasan, antara lain penggunaannya tidak fleksibel, semisal tidak dapat digunakan sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam. Selain itu, batubara memiliki titik nyala yang tinggi 670°C hingga 930°C (P. Basu, Biomass Gasification and Pyrolysis, 2010). Oleh karena itu perlu adanya teknologi yang dapat mengkonversi bahan bakar padat (batubara atau biomassa) menjadi gas atau cairan sehingga mudah dibakar dan fleksibel dalam penggunaannya. Teknologi yang paling sederhana dan mudah untuk dilakukan adalah melalui proses pirolisis.

Pirolisis merupakan dekomposisi termal materi organik tanpa adanya oksigen. Reaksi pirolisis relatif lambat yang terjadi pada temperatur rendah untuk mengkonversi biomassa atau batubara menjadi bahan bakar yang lebih berguna seperti gas kaya hidrokarbon dan karbon kaya residu padat (R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas, M. S. Hossain, and S. Mekhilef, 2011). Produk

dari pirolisis terdiri dari tiga bagian, antara lain padatan berupa arang, gas dan cairan yang berasal dari gas yang mampu terkondensasi.

Pada perkembangannya teknologi pirolisis melibatkan katalis untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Katalis yang biasa digunakan antara lain HUSY, Hbeta, Zeolit Y, ZSM-5, zeolit alam, dan Ni/Al₂O₃ (C. Muhammad, J.A. Onwudili, and P.T. Williams, 2015) Dari beberapa katalis tersebut zeolit alam merupakan katalis yang banyak tersedia dengan harga yang murah.

Dengan melihat permasalahan yang ada, penelitian tentang pirolisis campuran batubara dan plastik untuk dikonversi menjadi bahan bakar cair menarik untuk dilakukan mengingat sumber potensinya yang melimpah dengan harga yang relatif murah.

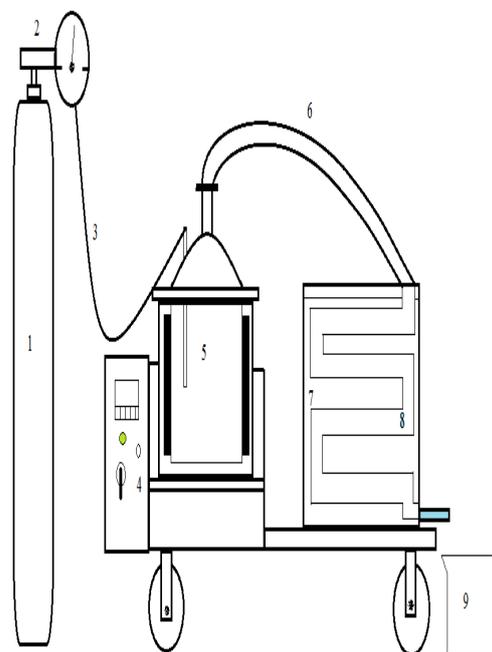
2. METODE PENELITIAN

Batubara yang digunakan berasal dari PT. Kuansing Inti Makmur (KIM), Muarabungo, Jambi yang merupakan barubara jenis Bintuminus. Batubara jenis Bintuminus dipilih karena harga yang rendah dan memiliki kandungan volatil yang cukup tinggi sebesar 37,87% (C. Geng, S. Li, C. Yue, and Y. Ma, 2014). Sementara plastik yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sampah kantong plastik di sekitar Yogyakarta. Barubara ditumbuk dan disaring dengan ukuran mesh -6 + 18 sementara plastik dipotong dengan ukuran 3 cm hingga 7 cm. Batubara dicampur dengan plastik pada persentase 0%, 10%, 20% dan 30%.

Pirolisis dilakukan dengan memasukkan sampel uji campuran total 400 g pada reaktor pirolisis tipe *fixed bed* berukuran diameter 17 cm dan tinggi 27,5 cm seperti terlihat pada Gambar 1. Nitrogen dialirkan dalam reaktor dengan debit 2 liter/menit. Sumber panas reaktor pirolisis berasal dari pemanas listrik yang ditempatkan pada dinding reaktor pirolisis yang dikontrol beroperasi pada temperatur 400°C, 450°C dan 500°C dengan laju pemanasan rata - rata sebesar 2,5°C/menit. Hasil gas pirolisis

dikondensasikan pada temperatur air suhu lingkungan sehingga diperoleh gas yang terkondensasi sebagai hasil cairan. Sisa padatan yang tertinggal di reaktor pirolisis merupakan arang. Baik cairan maupun padatan ditimbang dengan timbangan digital guna menentukan persentase hasil pirolisis campuran batubara dan plastik.

Sementara itu, untuk mengetahui pengaruh katalis pada proses pirolisis maka ditambahkan katalis dengan massa 40 g pada tiap variasi pengujian. Hasil cairan yang terkondensasi diuji menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)* untuk mengetahui kandungan senyawa yang terbentuk pada hasil pirolisis. Hasil yang didapatkan dari GCMS kemudian dikelompokkan menurut golongan senyawanya seperti terlihat pada tabel 1.



Keterangan:

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 1. Tabung Nitrogen. | 6. Pipa Penyalur. |
| 2. Regulator Tekanan. | 7. Tampung Air Pendingin. |
| 3. Selang. | 8. Pipa Pendingan. |
| 4. Pengontrol Suhu. | 9. Penampung Hasil Cairan. |
| 5. Reaktor Pirolisis. | |

Gambar 1. Skema Pengujian Pirolisis.

Tabel 1. Penggolongan Sample Uji

Senyawa	Golongan
<i>Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl)-</i>	<i>aromatic</i>
<i>Dodecane</i>	<i>alkane</i>
<i>Naphthalene, 2-methyl-</i>	<i>PAH</i>
<i>1-Tetradecene</i>	<i>alkene</i>
<i>Patchulane</i>	<i>cycloalkane</i>
<i>Ledane</i>	<i>cycloalkane</i>
<i>1H-Indene, 2,3-dihydro-1,1,5,6-tetramethyl-</i>	<i>aromatic</i>
<i>.alpha.-Copaene</i>	<i>cycloalkene</i>
<i>Naphthalene, 1-(1,1-dimethylethyl)-</i>	<i>PAH</i>
<i>1-Pentadecene</i>	<i>alkene</i>
<i>Tridecane</i>	<i>alkane</i>
<i>Heptadecane</i>	<i>alkane</i>
<i>Eicosane</i>	<i>alkane</i>
<i>1-Octadecene</i>	<i>alkene</i>
<i>1-Nonadecanol</i>	<i>alcohol</i>
<i>Hexatriacontane</i>	<i>alkane</i>
<i>Cadina-1(10),6,8-triene</i>	<i>aromatic</i>

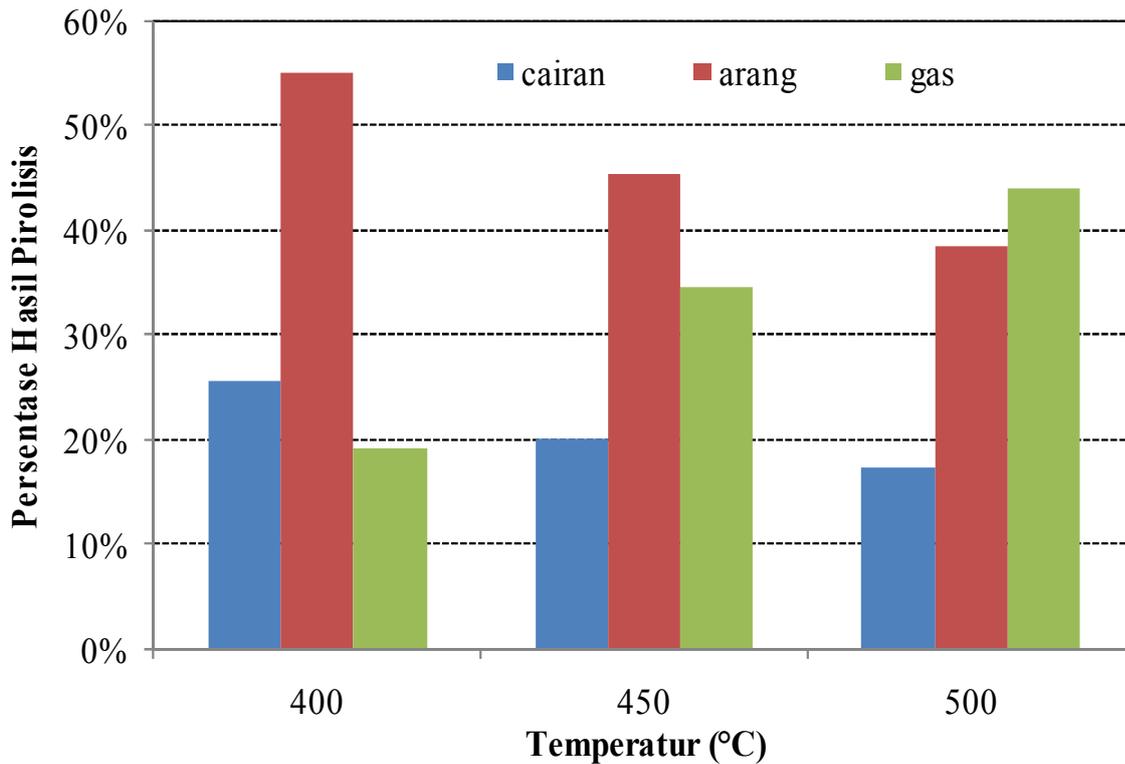
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Temperatur Pirolisis

Hasil produk pirolisis dipengaruhi oleh temperatur. Gambar 2 memperlihatkan hubungan antara temperatur pirolisis terhadap kuantitas produk yang dihasilkan pada campuran plastik 10% terhadap batubara. Gambar 2 menjelaskan bahwa dengan semakin tinggi temperatur pirolisis maka semakin rendah hasil arang yang diperoleh. Hal ini karena pengaruh terlepasnya volatil batubara menjadi gas dan cairan. Volatil pada batubara terlepas pada temperatur 300°C hingga 600°C (L. Shi, Q. Liu, X. Guo, W. He, and Z. Liu, 2014). Sehingga dengan semakin besar temperatur

maka semakin besar pula volatil yang terlepas dari batubara yang ditandai dengan turunnya hasil arang.

Selain itu, pada gambar 2 juga terlihat bahwa dengan semakin besar temperatur pirolisis maka semakin rendah produk cairan dengan disertai tingginya produk gas. Hal ini karena dengan semakin tinggi temperatur maka volatil yang terlepas dari batubara akan terjadi reaksi sekunder yang menghasilkan rantai karbon yang pendek sehingga tidak dapat di kondensasikan pada temperatur ruangan.



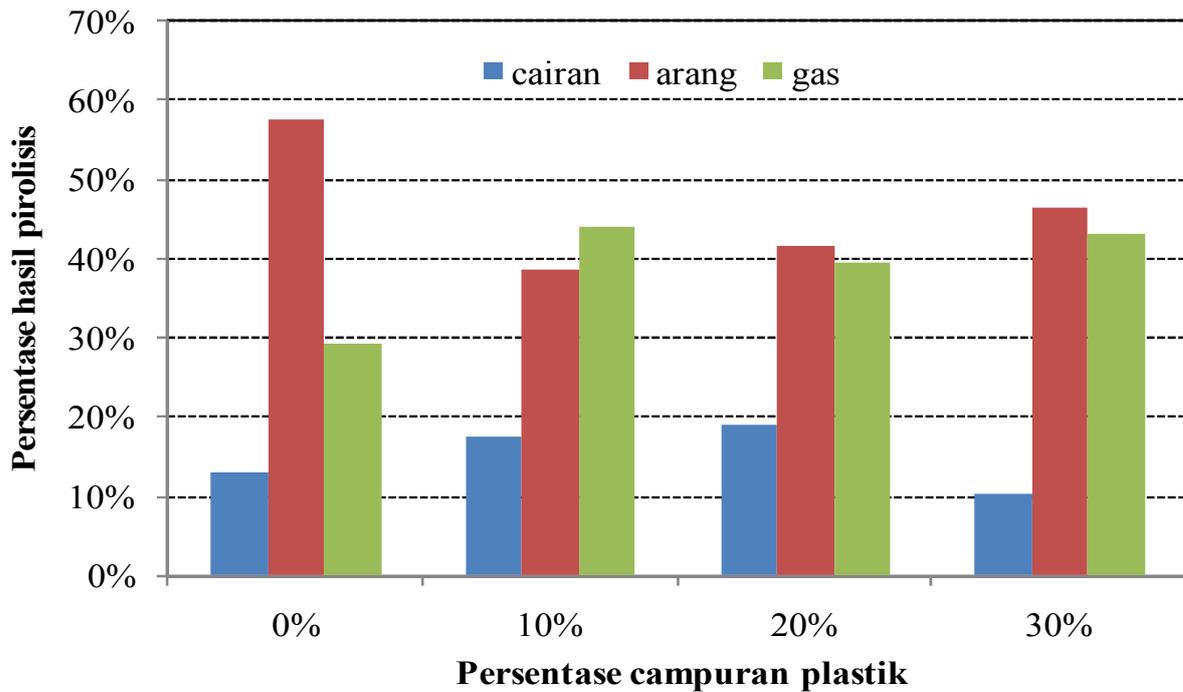
Gambar 2. Pengaruh Temperatur Terhadap Hasil Pirolisis.

3.2. Pengaruh Prosentase Plastik

Gambar 3 memperlihatkan hubungan antara prosentase campuran plastik terhadap batubara dengan produk yang dihasilkan pada pirolisis temperatur 500°C. Terlihat pada gambar 3 bahwa dengan penambahan plastik sebesar 10% dapat meningkatkan degradasi batubara menjadi arang secara signifikan. Hal ini karena dengan penambahan plastik pada batubara dapat mempercepat dekomposisi batubara. Plastik terdekomposisi menjadi gas dengan kuantitas yang besar. Menurut Aboulkas dkk bahwa plastik akan terdekomposisi menjadi gas dan cairan dalam jumlah yang besar di bandingkan dengan produk arangnya. Gas yang terbentuk dapat bereaksi dengan karbon pada batubara sebagai reaksi sekunder sehingga terjadi reaksi antara karbon dengan gas-gas tersebut yang menyebabkan produk arang berkurang yang ditandai oleh peningkatan produk gas secara signifikan.

Pada gambar 3 juga memperlihatkan bahwa dengan semakin besar prosentase plastik justru terjadi peningkatan produk arang dan disertai penurunan produk gas atau cairan. Hal ini karena dengan semakin besarnya prosentase plastik akan mempersulit volatil terlepas dari batubara menjadi gas. Dalam proses pirolisis bahan baku (batubara dan plastik) dimasukkan dalam kondisi temperatur ruangan kemudian dipanaskan perlahan hingga pada temperatur yang diinginkan. Pada proses pemanasan tersebut plastik jenis *polyethylene* (PE) akan meleleh pada temperatur 105°C - 130°C.

Plastik yang meleleh tersebut akan bersinggungan langsung dengan batubara dan terbentuk lapisan pada permukaan batubara yang menghambat volatil keluar dari batubara. Akibatnya terjadi peningkatan produk arang seiring dengan peningkatan prosentase plastik.



Gambar 3. Pengaruh Prosentase Plastik Terhadap Hasil Pirolisis.

Penambahan plastik dalam pirolisis batubara juga memberikan dampak pada senyawa hasil cairan pirolisis. Tabel 2 merupakan penggolongan hasil pirolisis batubara dan plastik pada temperatur 500°C. Pada tabel 2 terlihat bahwa pirolisis batubara didominasi oleh senyawa golongan *aromatic*, *cycloalkane*, *alkane* dan PAH. Sementara produk cair pirolisis campuran batubara dan plastik didominasi oleh senyawa golongan *alkane* dan *alkene*.

Tabel 2 memperlihatkan peningkatan yang signifikan terhadap golongan *alkane* dan *alkene* dengan reduksi yang signifikan pula pada golongan *aromatic*, *cycloalkane*, dan PAH pada hasil cairan pirolisis batubara dan pirolisis campuran batubara dan plastik. Hal ini di mungkinkan karena dengan penambahan plastik terjadi reaksi pemutusan ikatan siklik menjadi ikatan alifatik sehingga mengakibatkan penurunan golongan siklik (*aromatic*, *cycloalkane* dan PAH) dan

Tabel 2. Komposisi Produk Cair Pirolisis

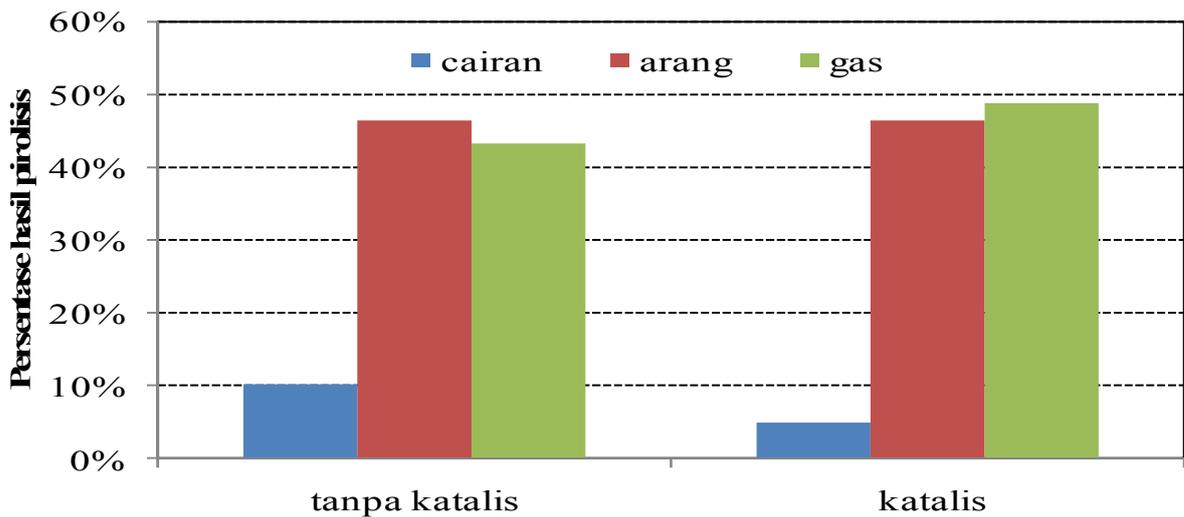
Golongan	Cairan Pirolisis		
	Batubara	Batubara dan plastik 30%	Batubara, plastik 30% dan katalis
<i>Aromatic (%)</i>	24,46	2,21	1,91
<i>Cycloalkane (%)</i>	25,08	2,78	6,73
<i>Cycloalkene (%)</i>	2,76	0,72	0,31
<i>Alkane (%)</i>	18,52	46,55	67,08
<i>Alkene (%)</i>	8,21	38,08	1,25
<i>PAH (%)</i>	17,47	1,61	1,19
<i>Aldehyde (%)</i>	1,43	0,00	0,00
<i>Alcohol (%)</i>	1,06	7,32	20,21
<i>Furan (%)</i>	0,99	0,45	0,00
<i>Acid (%)</i>	0,00	0,00	0,24
<i>Ketone (%)</i>	0,00	0,28	0,00

peningkatan persentase golongan alifatik (*alkane* dan *alkene*).

Penurunan prosentase hasil PAH merupakan keuntungan dari pirolisis campuran batubara dan plastik. Hal ini karena PAH diklasifikasikan zat karsinogen oleh *International Agency for Research on Cancer* (IARC) sebagai salah satu penyebab tumbuhnya kanker (W.T Hsu, M.C. Liu, P.C. Hung, S.H. Chang, and M.B. Chang, 2016).

3.3. Pengaruh Katalis Zeolit Alam

Katalis berfungsi untuk meningkatkan kualitas hasil pirolisis. Gambar 4 menjelaskan hubungan antara pirolisis batubara dan plastik dengan dan tanpa katalis. Pada gambar 4 terlihat bahwa dengan menggunakan katalis zeolit alam prosentase hasil arang lebih rendah dibanding dengan tanpa katalis disertai dengan peningkatan jumlah gas yang berakibat pada penurunan cairan.

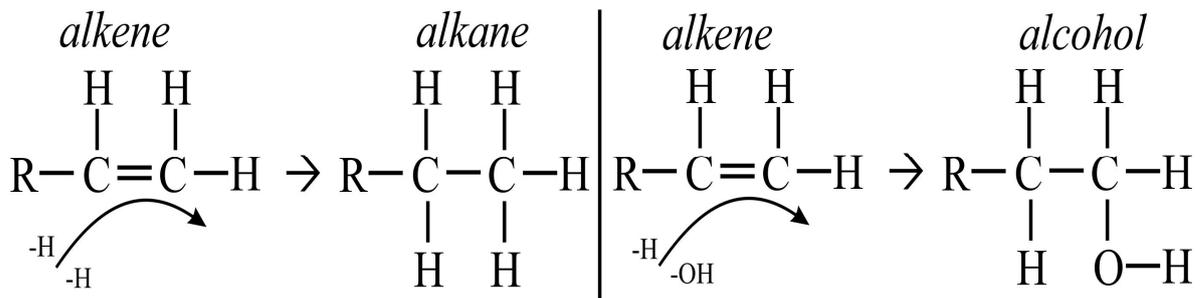


Gambar 4. Pengaruh Katalis Zeolit Alam Terhadap Hasil Pirolisis.

Hal ini karena katalis zeolit bekerja dengan memecah molekul makro menjadi gas dan senyawa dengan massa molekul yang lebih ringan melalui reaksi yang terjadi pada permukaan katalis. Hal yang sama juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh de Marco dkk dan Miskolczi dkk.

Pengaruh katalis zeolit alam juga dapat dilihat pada tabel 2. Pada tabel 2 terlihat bahwa dengan penambahan katalis zeolit

alam terjadi penambahan golongan *alkane* dan *alcohol* yang signifikan dan terjadi penurunan pada golongan *alkene*. Peningkatan golongan *alkane* dan *alcohol* tersebut terjadi karena aktivitas katalis yang memecah ikatan rangkap karbon *alkene* dan berikatan dengan radikal -H dan -OH seperti terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Pembentukan *Alkene* Menjadi *Alkane* dan *Alcohol*.

4. KESIMPULAN

Penelitian pirolisis lambat campuran batubara dan palstik menggunakan katalis zeolit alam telah dilakukan. Prosentase hasil produk pirolisis dipengaruhi oleh temperatur, prosentase campuran palstik dan juga penggunaan katalis. Semakin besar temperatur berpengaruh terhadap tingginya konversi bahan baku menjadi gas atau cairan dengan kuantitas cairan yang rendah. Prosentase campuran plastik 10% berpengaruh signifikan terhadap konversi

bahan baku pirolisis akan tetapi dengan semakin besar prosentase plastik tidak terlihat perubahan prosentase kuantitas hasil yang signifikan.

Penambahan plastik pada pirolisis batubara berdampak pada tingginya golongan rantai *alkane* dan *alkene* disertai dengan turunnya golongan rantai PAH. Penambahan katalis pada pirolisis berdampak pada tingginya golongan rantai *alcohol* dan *alkane*.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Aboulkas et al., "Co-pyrolysis of Oil Shale and Plastics: Influence of Pyrolysis Parameters on Th Product Yields," *Fue lProcessing Technology*, vol. 96, pp. 209–213, 2011.
- B. Kunwar, H.N. Cheng, S.R. Chandrashekar, and B.K. Sharma, "Plastics to Fuel: A Review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 421-428, 2016.
- C. Geng, S. Li, C. Yue, and Y. Ma, "Pyrolysis Characteristics of Bituminous Coal," *Journal of the Energy Institute*, pp. 1-6, 2015.
- C. Muhammad, J.A. Onwudili, and P.T. Williams, "Catalytic Pyrolysis of Waste Plastic from Electrical and Electronic Equipment," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 113, pp. 332-339, 2015.
- H. Triyoga. detik.com. [Online]. <http://news.detik.com/berita/3137410/indonesia-peringkat-ke-2-penghasil-sampah-ke-laut>, 2016.
- I. de Marco et al., "Pyrolysis of The Rejects of a Waste Packaging Separation and Classification Plant," *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, vol. 85, pp. 384-391, 2009.
- L. Shi, Q. Liu, X. Guo, W. He, and Z. Liu, "Pyrolysis of Coal in TGA: Extent of Volatile Condensation in Crucible," *Fuel Processing Technology*, vol. 121, pp. 91-95, 2014.
- M. Paraschiv, R. Kuncser, M. Tazerout, and T. Prisecaru, "New Energy Value Chain Through Pyrolysis of Hospital Plastic Waste," *Applied Thermal Engineering*, vol. 87, pp. 424-433, 2015.
- N. Miskolczi, L. Bartha, and Gy. Deák, "Thermal Degradation of Polyethylene and Polystyrene from The Packaging Industry Over Different Catalysts into Fuel-Like Feed Stocks," *Polymer Degradation and Stability*, vol. 91, pp. 517-526, 2006.
- N.D. Wahyuni. liputan6.com. [Online]. <http://bisnis.liputan6.com/read/2196507/40-tambang-batu-bara-di-indonesia-stop-produksi>, 2015.
- P. Basu, *Biomass Gasification and Pyrolysis Practical Design and Theory*. Oxford: Elsevier Inc., 2010.
- R. Saidur, E. A. Abdelaziz, A. Demirbas, M. S. Hossain, and S. Mekhilef, "A Review on Biomass as A Fuel for Boilers," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, pp. 2262-2289, 2011.
- W.T Hsu, M.C. Liu, P.C. Hung, S.H. Chang, and M.B. Chang, "PAH Emissions from Coal Combustion and Waste Incineration," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 318, pp. 32-40, 2016.