PUBLIKASI PENELITIAN TERAPAN DAN KEBIJAKAN

e-ISSN: 2621-8119

PENGOLAHAN PLASTIK *POLYSTYRENE* DAN *POLYPROPYLENE* MENJADI *LIQUID FUEL* MENGGUNAKAN KATALIS GAMMA ALUMINA ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) DAN ZEOLIT TERAKTIVASI DALAM *SINGLE STAGE SEPARATOR*

PROCESSING POLYSTYRENE AND POLYPROPYLENE PLASTICS INTO LIQUID FUEL USING GAMMA ALUMINA AND ACTIVATED ZEOLIT CATALYSTS IN A SINGLE STAGE SEPARATOR

Arizal Aswan*, Sutini Pujiastuti L, K.A Ridwan, Fatria, Bina Trijayanti, Berliana Pratiwi L, Rizqi Hanifah

Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

* Korespondensi Penulis, phone: +6281909491573, e-mail : rizqihanifahhikmahsari@gmail.com

Diterima : 21 Juli 2021

Direvisi : 29 November 2021

Diterbitkan : 30 Desember 2021

ABSTRACT

The pyrolysis process of plastic waste is a decomposition process of organic compounds contained in plastic through a heating process with little or no oxygen involved. This study aims to determine the effect of the type of plastic used, temperature variations, type of catalyst on the pyrolysis product. In this study, the types of plastic used were Polystyrene and Polypropylene with a variety of zeolite and Gamma Alumina catalysts. The best analysis results on (%yield, density, viscosity, flash point, and GC-MS) were obtained using Polystyrene plastic waste with a Gamma Alumina catalyst, while the calorific value analysis with the best results was obtained on Polypropylene plastic waste with a Gamma Alumina catalyst.

Keywords: *pyrolysis, polystyrene, polypropylene, zeolit, gamma alumina*

ABSTRAK

Proses pirolisis sampah plastik merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh jenis plastik yang digunakan, temperatur, dan jenis katalis terhadap produk hasil pirolisis. Pada penelitian ini jenis plastik yang digunakan berupa *Polystyrene* dan *Polypropylene* dengan variasi katalis Zeolit 20% serta Gamma Alumina 10%. Hasil analisa terbaik pada (% *Yeild*, densitas, viskositas, titik nyala, dan GC-MS) diperoleh pada penggunaan sampah plastik *Polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina sedangkan analisa nilai kalor dengan hasil terbaik diperoleh pada sampah plastik *Polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina.

Kata kunci: *pirolisis, polystyrene, polypropylene, zeolit, gamma alumina*

PENDAHULUAN

Bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan bertambahnya volume sampah yang dihasilkan dari aktivitas manusia. Plastik memiliki kelebihan dibandingkan bahan material lain, diantaranya kuat, ringan, tidak korosi, mudah diwarnai dan murah (Rafli et al., 2017). Indonesia pada tahun 2015 masuk dalam peringkat kedua dunia setelah China yang menghasilkan sampah plastik diperairan mencapai 187,2 juta ton (Jambeck et al., 2015). Permasalahan sampah plastik tersebut apabila semakin banyak jumlahnya maka akan berpotensi mencemari lingkungan. Mengingat bahwa sifat plastik akan terurai di tanah dalam waktu lebih dari 20 tahun bahkan dapat mencapai 100 tahun sehingga dapat menurunkan kesuburan tanah dan di perairan plastik akan sulit terurai.

Ada 6 jenis plastik berdasarkan jenis produknya, yaitu *Polyethylene Terephthalate* (PET), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyvinyl Chloride* (PVC), *Low Density Polyethylene* (LDPE), *Polypropylene* (PP), *Polystyrene* (PS) (Wahyudi et al., 2018). Persentase sampah dari masing-masing jenis plastik berdasarkan produknya sebesar 50-60% PE, 20-30% PP, 10-20% PS dan 10% PVC (Azis dan Rante, 2021).

Styrofoam dan *mineral cup* merupakan polimer termoplastik yang tergolong kedalam jenis plastik *polystyrene* dan *polypropylene* yang tidak dapat terurai secara alami dan sulit untuk di degradasi oleh tanah. Banyaknya penggunaan *styrofoam* dan *mineral cup*, dapat mengancam kestabilan ekosistem lingkungan karena jenis sampah ini yang tidak dapat terurai secara biologis atau *non-biodegradable*. Sampah *styrofoam* dan *mineral cup* pada umumnya diatasi dengan cara dibakar, namun apabila dibakar dapat menghasilkan gas-gas berbahaya seperti, *styrene*, *hydro chloro flour carbon* (HCFC), *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), *carbon black* serta karbon monoksida (Zurohaina et al., 2020). Karbon monoksida adalah gas yang tidak terdeteksi yang dapat membahayakan kesehatan manusia. Maka dari itu diperlukan suatu metode yang tepat untuk mengurangi limbah plastik terutama

styrofoam dan *mineral cup*, salah satunya mengolah sampah tersebut menjadi bahan bakar alternatif dengan metode pirolisis.

Pirolisis adalah proses dekomposisi suatu bahan pada suhu tinggi tanpa adanya udara atau dengan udara yang terbatas. Proses pirolisis sebagai salah satu cara dalam menghasilkan bahan bakar alternatif dapat mengubah senyawa hidrokarbon rantai panjang menjadi senyawa rantai pendek (Endang et al., 2016). Senyawa hidrokarbon akan mengalami penguapan dan setelah dikondensasi akan berubah menjadi zat cair yang kualitasnya mendekati bahan bakar (Sari, 2018). Bahan bakar cair yang dihasilkan memiliki karakteristik yang hampir sama dengan *gasoline* konvensional termasuk densitas, viskositas, titik nyala, dan kandungan energi. Gas yang dihasilkan dari pirolisis adalah H_2 , CO dan CO_2 dan dapat digunakan sebagai pembawa energi. Optimasi proses pirolisis dapat dilakukan pada temperatur dan waktu sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan (Syamsiro, 2015).

Dari penelitian sebelumnya memperlihatkan keberhasilan dalam merubah *styrofoam* menjadi bahan bakar cair (Zurohaina et al., 2020). Salah satu cara untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar cair melalui *catalytic cracking*. *Catalytic cracking* merupakan metode yang lebih efisien dibandingkan metode yang lain. Hal ini dikarenakan dengan adanya penambahan katalis, reaksi berlangsung menjadi cepat. Katalis berfungsi dalam mengurangi suhu dan waktu reaksi, meningkatkan kualitas produk dan mengoptimalkan kinetiknya. Katalis yang biasa digunakan pada penelitian antara lain Zeolit, Silika Alumina, Gamma Alumina dan lain-lain (Rachmadena et al., 2018). Penelitian sebelumnya melakukan konversi plastik *polystyrene* 1 kg dengan bantuan katalis zeolit alam 100 gram menghasilkan *yield* sebesar 50% (Rehan et al., 2017). Penelitian menggunakan katalis Gamma Alumina dalam pengolahan plastik HDPE menghasilkan *yield* sebesar 53,94% (Aswan et al., 2020).

Gamma Alumina banyak digunakan sebagai katalis dan adsorben. Hal ini

dikarenakan katalis Gamma Alumina memiliki luas permukaan yang besar, volume pori yang besar, diameter pori yang besar serta stabil dalam proses katalisis (Rachmawati, 2009). Zeolit ditulis dengan rumus $\text{M}_x/\text{n} \cdot (\text{AlO}_2)_x \cdot (\text{SiO}_2)_y \cdot m(\text{H}_2\text{O})_x$, dimana x, y dan m merupakan bilangan bulat yang bervariasi dalam zeolit, dan M adalah kation yang dapat digantikan oleh kation serupa (Ediati dan Fitriani, 2014). Zeolit memiliki kandungan alumina yang dapat mempercepat proses pirolisis sehingga rangkaian struktur kimia akan terputus.

Penelitian ini menggunakan katalis Gamma Alumina sebanyak 10% dan zeolit teraktivasi sebanyak 20% dengan tujuan membandingkan katalis tersebut terhadap bahan yang digunakan yaitu *styrofoam* yang merupakan jenis polimer *Polystyrene* dengan bahan baku jenis *mineral cup* yang merupakan jenis polimer *Polypropylene*. Penggunaan 20% zeolit sesuai dengan penelitian sebelumnya, yaitu pada konsentrasi tersebut katalis bekerja secara optimum dan akan menghasilkan %*yield* yang lebih banyak dan penelitian sebelumnya juga menggunakan katalis Gamma Alumina sebesar 4% dimana *yield* yang dihasilkan masih belum optimum sehingga dilakukan peningkatan 10%. (Zurohaina et al., 2020).

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian adalah satu set reaktor pirolisis katalitik, *bomb calorimeter* (Parr 6200), *flash point* (Koehler Instrument Company), *sieve shaker electric* (Ziaulhaq Solution), neraca analitik (Radwag AS110/C/2), *furnace* (Naberthem), piknometer (Pyrex), viskometer (Gilmond GV 2200 Barnant Company, USA), GC-MS (Merk Thermo Scientific ISQ 7000, *mass selective* (MS) *detector*, *metode acquisition-general*), *styrofoam* dan plastik kemasan mineral yang diperoleh dari lingkungan kampus dan toko-toko elektronika, zeolit alam (BrataChem Distributor), HCl 37% (Sumber Kimia), dan aquades (BrataChem).

Aktivasi Katalis Zeolit

Zeolit alam yang berbentuk butiran diperkecil ukurannya menggunakan mortar sehingga berukuran 60 mesh, kemudian direndam pada larutan asam HCl 1M selama 24 jam atau 1 hari. Zeolit alam yang telah direndam, kemudian dicuci menggunakan aquades yang berfungsi untuk membersihkan permukaan zeolit dari zat-zat yang tidak diinginkan lalu dikeringkan pada temperatur 130 °C selama 3 jam (Zurohaina et al., 2020). Gamma Alumina dapat langsung digunakan sebagai katalis tanpa perlu melalui tahapan aktivasi.

Proses Catalytic Cracking Styrofoam dan Polypropylene

Styrofoam yang telah diperkecil dengan ukuran 2-5 cm bersama dengan katalis Gamma Alumina sebanyak 10% dari bahan baku dimasukkan ke reaktor dan dipanaskan pada temperatur tertentu. *Styrofoam* yang dipanaskan akan terdekomposisi dan mengalami pemutusan ikatan. Uap yang terbentuk dialirkan menuju kondensor. Di kondensor terjadi perubahan fase dari gas ke liquid akibat adanya kontak dengan air pendingin sehingga menghasilkan produk cair yang siap diuji. Perlakuan yang sama juga dilakukan terhadap bahan baku *mineral cup*, hanya saja dengan menggunakan katalis yang berbeda pada prosesnya yaitu menggunakan 10% katalis Gamma Alumina dan 20% Katalis Zeolit.

Karakteristik

Analisis Viskositas ditentukan dengan metode *falling ball*, komposisi senyawa kimia produk bahan bakar cair ditentukan dengan menggunakan *analyzer* GC-MS. Densitas produk bahan bakar cair ditentukan dengan metode ASTM D-1298, titik nyala ditentukan dengan ASTM D-92, untuk nilai kalor ditentukan dengan ASTM D- 5865-11a.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memfokuskan pada pendataan bahan baku yang digunakan dengan variasi jenis katalis dari proses konversi *styrofoam* (*Polystyrene*) dan *mineral*

cup (*Polypropylene*) untuk mendapatkan bahan bakar cair yang sesuai dengan SNI 3506:2017.

Persentase Yield

Hubungan antara temperatur dan produk yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1. Grafik temperature terhadap % yield

Analisis persen yield dilakukan untuk melihat seberapa banyak bahan baku cair yang dihasilkan selama proses pirolisis per massa bahan baku yang digunakan. Gambar 1 menunjukkan bahwa persen yield bahan bakar cair cenderung mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya suhu pirolisis. Hal tersebut dikarenakan pada suhu yang tinggi dekomposisi bahan baku akan lebih sempurna sehingga menghasilkan persen yield bahan bakar cair yang lebih tinggi.

Dari Gambar 1 dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh variasi jenis bahan baku dan katalis terhadap persen yield. Produk yang menggunakan bahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina didapatkan yield tertinggi pada suhu 299°C sebesar 15,79%. Untuk bahan baku jenis *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina didapati pada suhu 315°C dengan persentase yield sebesar 8,16%. Produk dengan bahan baku *polypropylene* menggunakan katalis Zeolit didapati yield tertinggi pada suhu 355 °C sebesar 9,82%.

Persen yield dipengaruhi oleh bahan baku dimana PS>PP>PE (Udyani et al., 2018). Hal ini dikarenakan *Polystyrene* memiliki struktur polisiklik sedangkan *Polypropylene* memiliki struktur poliolefinik. Penelitian ini juga terjadi penurunan persen yield seiring dengan

bertambahnya temperatur. Hal ini disebabkan karena pada suhu yang semakin tinggi akan mengakibatkan kehilangan bobot (*Loss*) yang semakin besar.

Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Titik nyala merupakan faktor penting yang menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan. Titik nyala bahan bakar menandakan temperatur saat uap dari bahan bakar akan terbakar sesaat (Masfitra et al., 2021) Grafik hubungan temperatur dan titik nyala dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2. Grafik temperatur terhadap titik nyala

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan nilai titik nyala seiring terjadinya kenaikan temperatur. Penurunan ini disebabkan oleh sedikitnya kandungan air didalam produk ketika terjadi kenaikan temperatur (Januero et al., 2020). Produk yang menggunakan bahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki titik nyala berkisar 25,8-27,8°C. Untuk bahan baku *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki titik nyala berkisar 25,5-27,7°C. Produk berbahan baku *polypropylene* dengan katalis Zeolit memiliki titik nyala yang berkisar pada temperatur 28,5-30,7°C. Perurunan titik nyala dikarenakan adanya perubahan komposisi sebagaimana akan dijelaskan berdasarkan hasil kromatogram.

Densitas Bahan Bakar Cair

Densitas merupakan nilai yang menunjukkan perbandingan antara massa per satuan volume. Densitas yang tinggi akan membutuhkan jumlah bahan bakar yang lebih

banyak dan dapat menyebabkan kerusakan pada mesin (Quratul' uyun, 2017). Berdasarkan hasil penelitian, terdapat hubungan temperatur dan densitas pada bahan bakar cair yang dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Grafik temperatur terhadap densitas

Berdasarkan Gambar 3 diketahui bahwa produk yang menggunakan bahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki densitas berkisar 783,7-770,3 kg/m³ yang berdasarkan SNI 3506: 2017 produk yang dihasilkan adalah gasoline. *Polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki densitas sebesar 787-768,3 kg/m³ serta produk yang menggunakan bahan baku *polypropylene* dengan katalis Zeolit memiliki densitas sebesar 773-769,3 kg/m³ yang kedua produk ini termasuk dalam kategori gasoline.

Dari Gambar 3 menunjukkan bahwa nilai densitas mengalami penurunan seiring meningkatnya temperatur. Hal ini dikarenakan peningkatan temperatur menyebabkan pemutusan rantai karbon panjang menjadi lebih ringan sehingga terjadi penurunan densitas. Produk berbahan baku *polypropylene* dengan katalis Zeolit mengalami kenaikan nilai densitas pada suhu 415°C sebesar 769,3 kg/m³. Hal ini disebabkan oleh adanya molekul berat yang terurai dan mengandung *wax* pada minyak tersebut (Bow et al., 2018).

Viskositas Bahan Bakar Cair

Viskositas merupakan nilai kekentalan suatu bahan bakar. Viskositas yang rendah akan membuat bahan bakar sulit terbakar

sehingga menyebabkan kebocoran sedangkan viskositas yang tinggi akan menghambat proses pemompaan sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna (Jahiding et al., 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat hubungan temperatur dan viskositas terhadap bahan bakar cair yang dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 4. Grafik temperatur terhadap viskositas

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa produk berbahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki viskositas sebesar 2,09-1,92 cSt. Produk berbahan baku *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina serta Zeolit memiliki viskositas sebesar 2,04-1,88 cSt dan 2,13-3,07 cSt. Semakin tinggi temperatur maka nilai viskositas yang dihasilkan akan semakin kecil, hal ini dikarenakan nilai viskositas berbanding lurus dengan nilai densitas. Peningkatan nilai temperatur akan menyebabkan semakin banyaknya rantai karbon yang terengkah sehingga viskositas mengalami penurunan.

Kalor Bahan Bakar Cair

Nilai kalor merupakan jumlah panas yang dihasilkan dari proses pembakaran suatu bahan bakar dengan udara (Quratul' uyun, 2017). Hasil analisis nilai kalor pada penelitian dapat diketahui bahwa produk menggunakan bahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma memiliki nilai kalor sebesar 7067,1504 kal/gr. Produk berbahan baku *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina serta Zeolit memiliki nilai kalor sebesar 7411,1793 kal/gr dan 6395,2803 kal/gr. Produk berbahan baku *polypropylene*

dengan katalis Gamma Alumina memiliki nilai kalor yang lebih tinggi. Bahan jenis *polypropylene* memiliki nilai kalor yang lebih besar yaitu 46,4 MJ/Kg dibandingkan dengan bahan plastik lainnya (Surono, 2013).

Pada penelitian ini didapatkan hasil bahwa nilai kalor dengan bahan baku *polystyrene* menggunakan katalis Gamma Alumina memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan nilai kalor dari bahan baku *polypropylene* menggunakan katalis Zeolit.

Gas Chromatograph-Mass Spektrometer Hasil Analisis Polystyrene Katalis Gamma Alumina

Karakteristik GC-MS bertujuan sebagai pemisah komponen dan untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen dalam suatu senyawa. Hasil analisa GC-MS dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Kromatogram *polystyrene* dengan katalis gamma alumina

Berdasarkan hasil analisis GC-MS seluruh produk memiliki sebaran atom karbon mulai dari C8-C35. Produk berbahan baku *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki senyawa paling banyak berada pada fraksi gasoline (C7-C11) sebesar 49,87%, diikuti fraksi diesel (C12-C20) sebesar 25,61%, fraksi berat (>C21) sebesar 3,22%, dan senyawa lainnya sebesar 19,92%.

Hasil Analisis Polypropylene Katalis Gamma Alumina

Produk menggunakan bahan baku *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina memiliki senyawa paling banyak berada pada

fraksi gasoline (C7-C11) sebesar 45,07%, kemudian terdapat fraksi diesel (C12-C20) sebesar 18,18%, fraksi berat (>C21) sebesar 5,94% dan senyawa lainnya sebesar 29,98%. Hasil analisis GC-MS dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Kromatogram *polypropylene* dengan katalis gamma alumina.

Hasil Analisis Polypropylene Katalis Zeolit

Produk berbahan baku *polypropylene* dengan katalis Zeolit memiliki senyawa paling banyak berada pada fraksi gasoline (C7-C11) sebesar 31,31%, diikuti dengan fraksi diesel (C12-C20) sebesar 29,64%, fraksi diesel (C12-C20) sebesar 29,64%, fraksi berat (>C21) sebesar 11,63% dan senyawa lainnya sebesar 25,37%. Hasil GC-MS dapat dilihat pada Gambar 7.

Gambar 7. Kromatogram *polypropylene* dengan katalis zeolit

Hasil analisis GC-MS menunjukkan produk yang menggunakan katalis Gamma Alumina memiliki nilai fraksi gasoline yang lebih besar dibandingkan produk dengan katalis Zeolit. Hal ini dikarenakan Gamma Alumina memiliki luas permukaan yang lebih besar yaitu 150-300 m²/g (Rachmawati, 2009). Luas permukaan memiliki pengaruh pada distribusi atom karbon (Syamsiro, 2015).

Produk Optimum Pada Setiap Penggunaan Katalis Bahan Polystyrene Katalis Gamma Alumina

Tabel 1. Karakteristik Produk *Polystyrene* dengan Katalis Gamma Alumina

Karakteristik	Satuan	Standar	Penelitian
Densitas (15°C)	Kg/m ³	715-780	773,7
Viskositas Kinematik 40°C	mm ² /s	-	1,99
Titik Nyala	°C	-	26,6

*Standar Gasoline SNI 3506:2017

Produk optimum bahan bakar cair *polystyrene* dengan katalis Gamma Alumina diperoleh pada temperatur 400°C. Dari Tabel 1 diketahui bahwa bahan bakar cair produk pirolisis memenuhi standar gasoline SNI 3506:2017.

Bahan Polypropylene Katalis Gamma Alumina

Tabel 2. Karakteristik Produk *Polypropylene* dengan Katalis Gamma Alumina

Karakteristik	Satuan	Standar	Penelitian
Densitas (15°C)	Kg/m ³	715-780	779,7
Viskositas Kinematik 40°C	mm ² /s	-	1,93
Titik Nyala	°C	-	26,8

*Standar Gasoline SNI 3506:2017

Produk optimum bahan bakar cair pirolisis *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina diperoleh pada kondisi temperatur 400°C. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa bahan bakar cair produk pirolisis memenuhi standar gasoline SNI 3506:2017.

Bahan Polypropylene Katalis Zeolit

Produk optimum bahan bakar cair pirolisis *polypropylene* dengan katalis Gamma Alumina diperoleh pada kondisi temperatur 400°C. Dari Tabel 2 dapat diketahui bahwa bahan bakar cair produk pirolisis memenuhi standar gasoline SNI 3506:2017.

Tabel 3. Karakteristik produk *polypropylene* dengan katalis zeolit

Karakteristik	Satuan	Standar	Penelitian
Densitas (15°C)	Kg/m ³	715-780	767
Viskositas Kinematik 40°C	mm ² /s	-	1,84
Titik Nyala	°C	-	29

Produk optimum bahan bakar cair pirolisis *polypropylene* dengan katalis Zeolit diperoleh pada kondisi temperatur 450°C. Dari Tabel 3 dapat diketahui bahwa bahan bakar cair produk pirolisis memenuhi standar gasoline SNI 3506:2017.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Bahan bakar cair diperoleh dari sampah plastik *styrofoam* jenis *polystyrene* dan *mineral cup* jenis *polypropylene* melalui proses pirolisis *catalytic cracking* menggunakan katalis Gamma Alumina serta Zeolit teraktivasi dalam *single stage separator*. 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 4.

Tabel 4. Perbandingan Bahan Bakar Cair yang Dihasilkan dengan Penelitian Terdahulu

Bahan Baku	Metode	Kondisi Operasi	Katalis	Produk Utama	Yield (%)	Densitas (kg/m ³)	Viskositas (mm ² /s)	Nilai Kalor (cal/gr)	Referensi
HDPE	Pirolisis Katalitik	T = 480°C t = 60 menit	Gamma Alumina	Gasolin 53,94% Kerosin 27,13%	20,26	728	2,8	11.175,808	Fathul,dkk (2020)
PS	Pirolisis Katalitik	T = 460 °C t = 60 menit	Zeolit Teraktivasi 20%	Gasolin 88,43% Kerosin 8,59%	77,78	839,28	2,88	-	Mitha, dkk (2020)
PS	Pirolisis Katalitik	T = 400 °C t = 60 menit	Gamma Alumina 10%	Gasolin 49,87% Kerosin 25,61%	15,79	773,7	1,99	7067,1504	Hasil Penelitian
PP	Pirolisis Katalitik	T = 400 °C t = 60 menit	Gamma Alumina 10%	Gasolin 45,07% Kerosin 18,18%	8,16	779,7	1,93	7411,1793	Hasil Penelitian
PP	Pirolisis Katalitik	T = 450 °C t = 60 menit	Zeolit Teraktivasi 20%	Gasolin 31,31% Kerosin 29,64%	9,82	767	1,84	6395,2803	Hasil Penelitian

Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa konversi sampah plastik jenis *polystyrene* yang diteliti oleh (Zurohaina et al., 2020) menghasilkan persen *yield* sebesar 77,78% lebih besar dari penelitian-penelitian yang lain. Hal ini dikarenakan persen katalis yang digunakan lebih besar yaitu 20% dan pada penggunaan *multistage separator* produk terbagi menjadi dua aliran, dimana uap yang menuju separator tinggi tidak dapat terkondensasi sehingga terjadi aliran balik ke reaktor. Dalam hal ini, produk bercampur dengan residu sehingga menghasilkan persen *yield* yang lebih besar. Akibat dari bercampurnya residu dan produk menghasilkan bahan bakar yang berwarna hitam. Penelitian ini menggunakan *single stage separator* untuk mengoptimalkan proses konversi agar tidak terjadi aliran balik yang dapat menyebabkan residu bercampur dengan produk. Hal ini menunjukkan bahwa kelebihan penelitian saat ini yaitu pengotor yang dihasilkan lebih sedikit dan pada produk juga telah dilakukan proses *bleaching* menggunakan bentonite agar senyawa pengotor terikat sehingga produk bahan bakar cair memiliki warna yang lebih bening daripada penelitian sebelumnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan bahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil minyak pirolisis terbanyak dan terbaik diperoleh dari sampah plastik Polystyrene dengan katalis Gamma Alumina 10%. Hasil tertinggi nilai kalor diperoleh dari sampah plastik Polypropylene dengan katalis Gamma Alumina 10%. Temperatur sangat berpengaruh terhadap hasil pirolisis, semakin tinggi temperatur maka semakin banyak jumlah *yield* yang dihasilkan. Katalis zeolit dapat meningkatkan hasil produk minyak pirolisis, sedangkan katalis Gamma Alumina dapat meningkatkan kualitas hasil produk minyak pirolisis yang lebih baik. Produk yang dihasilkan melalui uji GC-MS terbentuk fraksi gasoline, diesel, dan minyak pelumas.

SARAN

Dari Penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa saran yang dilakukan, yaitu menggunakan temperatur diatas titik lebur dari plastik yang digunakan

sehingga rantai karbon mudah direngkahkan. Waktu pembakaran lebih lama agar menghasilkan produk yang maksimal dan mengembangkan penelitian untuk membuat produk agar tidak berbau.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-92. *Standard Test Method for Flash and Fire Point by Cleveland Open Cup Tester*. American National Standard.
<http://www.sepehrshimi.com/ASTM/D92.pdf>
- ASTM D-5865-11a. *Standard Test Method for Gross Calorific Value*. ASTM International West Conshohocken.
<http://www.normservis.cz/download/view/astm/d/5/d5865-11a.htm>.
- Aswan, A., Fatria, Erlinawati, Wahab, F., & Manggarani, A. (2020). Konversi Limbah Plastik High Density Polyethylene Katalis Gamma Alumina (γ -Al₂O₃) Dan ZEOLIT Alam Dalam Multistage Separator. *Journal Kinetika*, 11(03), 1–7.
- Azis, H. A., & Rante, H. B. (2021). Produksi Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Polypropylene (PP). *Journal of Chemical Process Engineering*, 6(2655).
- Bow, Y., Zulkarnain, Lestari, S. P., Sihombing, S. R. M., Kharissa, S. A., & Salam, Y. A. (2018). Pengolahan Sampah Low density polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar Cair Alternatif menggunakan Prototipe Pirolisis Thermal Cracking. *Jurnal Politeknik Negeri Sriwijaya Kinetika*, 9(03), 1–6.
- Ediati, R., & Fitriani, A. (2014). *Pengaruh Penambahan KCl Pada Sintesis Zeolit K-F Secara Langsung Dari Kaolin Effect Of KCl Addition In Direct Synthesis Of K-F Zeolite From Kaolin*. 2(1), 1–11.
- Endang, K., Mukhtar, G., Abed Nego, & Sugiyana, F. X. A. (2016). Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak. *Pengembangan Teknologi Kimia Untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia*, ISSN 1693-, 1–7.

- Jahiding, Nurfiyanti, E., Hasan, E. S., Rizki, R. S., & Mashuni. (2020). Analisis Pengaruh Temperatur Pirolisis terhadap Kualitas Bahan Bakar Minyak dari Limbah Plastik Polipropilena. *Gravitasi*, 167(6), 61–62.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., Narayan, R., & Law, K. L. (2015). *Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean*. 347(6223).
- Januero, F., Dwijulianty, W., Mahafire, F. A., Akbar, M. Q., Ridwan, K. ., & Zurohaina. (2020). Rancang Bangun Alat Pirolisis Dengan Pemanas Induksi Untuk Mengkonversi Limbah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair Ditinjau Dari Temperatur Terhadap Hasil Produk Yang Dihasilkan. *Politeknik Negeri Sriwijaya*, 01(01), 77–80.
- Masfitra, E., Anwar, S., Rizal, Y., Subekti, P., & Fathoni, A. (2021). *Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Pp (Polypropylene)*. 1(1), 6–10.
- Quratul' uyun, I. (2017). Produksi Bahan Bakar Cair Hidrokarbon (C₈- C₁₃) Dari Limbah Plastik Polipropilena Hasil Konversi Katalitik Dengan Variasi Jumlah Katalis Al-MCM-41. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 1689–1699.
- Rachmadena, D., Faizal, M., & Said, M. (2018). Conversion of polypropylene plastic waste into liquid fuel with catalytic cracking process using Al₂O₃ as catalyst. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 8(3), 694–700. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.8.3.2586>
- Rachmawati, A. (2009). Sintesis Katalis Padatan Asam γ -Al₂O₃/SO₄²⁻ dan Digunakan Pada Sintesis Senyawa Metil Ester Asam Lemak Dari Limbah Produksi Margarin Minyak Kelapa Sawit. *Universitas Indonesia*.
- Rafli, R., Fajri, H. B., Jamaludhin, A., Azizi, M., Riswanto, H., & Syamsiro, M. (2017). Penerapan teknologi pirolisis untuk konversi limbah plastik menjadi bahan bakar minyak di Kabupaten Bantul. *Jurnal Mekanika Dan Sistem Termal (JMST)*, 2(April), 1–5. <http://e-journal.janabadra.ac.id/index.php/JMST/article/view/339>.
- Rehan, M., Miandad, R., Barakat, M. ., Ismail, I. M. ., Almeebi, T., Gardy, J., Hassanpour, A., Khan, M. ., Demirbas, A., & Nizami, A. . (2017). Effect of Zeolite Catalyst on Pyrolysis Liquid Oil. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.11.015>.
- 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>.
- Standar Nasional Indonesia (SNI). 2017. Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin 88. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/11560>.
- Surono, U. B. (2013). Berbagai Metode Konversi Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Minyak. *Jurnal Teknik Universitas Janabadra*, 3(1), 32–40.
- Syamsiro, M. (2015). Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik. *Jurnal Tenik*, 5(1), 47–56.
- Udyani, K., Ningsih, E., & Arif, M. (2018). Pengaruh Temperatur Pirolisis Terhadap Yield Dan Nilai Kalor Bahan Bakar Cair Dari Bahan Limbah Kantong Plastik. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VI, 2013*, 389–394.
- Wahyudi, J., Prayitno, H. T., & Dwi, A. (2018). the Utilization of Plastic Waste As Raw Material for Producing Alternative Fuel. *Jurnal Litbang*, XIV(1), 58–67.
- Zurohaina, Zikri, A., Febriana, I., Amin, J. M., Pratiwi, A., Pratiwi, M., & Reyhan, M. H. (2020). Pengaruh jumlah Katalis Dan Temperatur Pada Proses Pembuatan Bahan Bakar Cair Limbah Styrofoam Dengan Metode Catalytic Cracking. 11(01), 9–17.