

PENGARUH JUMLAH KATALIS DAN TEMPERATUR PADA PROSES PEMBUATAN BAHAN BAKAR CAIR LIMBAH STYROFOAM DENGAN METODE *CATALYTIC CRACKING*

EFFECT OF THE AMOUNT OF CATALYST AND TEMPERATURE ON THE PROCESS OF MAKING LIQUID FUEL FROM STYROFOAM WASTE USING CATALYTIC CRACKING METHOD

Zurohaina¹, Ahmad Zikri¹, Ida Febriana¹, Jaksen M. Amin¹, Anggun Pratiwi¹, Mitha Pratiwi¹
Muhammad Hifal Reyhan¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, +62711353414/+62711355918

*e-mail : anggun.pratiwi0598@gmail.com, mithapратиwi025@gmail.com, hifalreyhan99@gmail.com.

ABSTRACT

Styrofoam is a thermoplastic polymer that cannot be biodegradable. Styrofoam waste is generally treated using burning method which produce a dangerous gases. Cracking is the right method to solve the problem by converting styrofoam waste into liquid fuel. In this study, the cracking process was carried out by catalytic cracking method using zeolit alam, $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ dan $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ as a catalyst. The aims of this study are to determine the effect of the number of catalyst and temperature variation on the percentage of yield, physical properties and compound content of liquid fuel. Variabels varied are the number of catalyst 5-25% from total reactants and temperatur variation 300-550 °C. The result shows, the highest %yield using zeolit alam is 77,7846% at 20% catalyst, for silica alumina with variations of temperature showed the highest % yield in the temperature 450°C is 79,09% and for $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ with variations of temperature showed the highest % yield in the temperature 500°C is 68,20%

Keywords: Styrofoam Waste, Catalytic Cracking, Liquid Fuel

1. PENDAHULUAN

Peningkatan pertumbuhan ekonomi dan penduduk yang diiringi dengan semakin majunya teknologi industri menyebabkan meningkatnya penggunaan plastik terutama *styrofoam* dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut menyebabkan peningkatan konsumsi *styrofoam* sehingga menyebabkan masalah lingkungan akibat dari pembuangan limbah yang serius. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kota Palembang, jumlah timbunan sampah pada tahun 2017-2018 mencapai 750.000 ton/hari. Dari data tersebut plastik menjadi urutan kedua terbesar menyumbang sampah sebesar 17,05% dari jumlah total sampah yang ada.

Limbah *styrofoam* pada umumnya diatasi dengan cara dibakar, namun limbah *styrofoam* yang dibakar dapat menghasilkan gas-gas berbahaya seperti *styrene*, *hydrochloroflourocarbon* (HCFC), *polycyclic aromatic hydrocarbons* (PAHs), *carbon black* serta karbon monoksida. Oleh karena itu digunakan metode *catalytic cracking* untuk mengkonversi limbah *styrofoam* menjadi bahan bakar cair. *Catalytic cracking* merupakan metode yang lebih efisien untuk digunakan dibandingkan metode yang lain. Hal ini dikarenakan dengan

adanya penambahan katalis, reaksi berlangsung menjadi lebih cepat (Risdiyanta, 2015). Selain itu menurut Pratiwi dan Wiwiek (2015) dengan adanya katalis dapat meningkatkan rendemen hasil pirolisis plastik.

Pada penelitian ini, katalis yang digunakan yaitu silika alumina, $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ dan zeolit alam. Silika alumina memiliki kandungan ion atom hidrogen pada salah satu sisinya yang berfungsi sebagai bagian dari penerimaan elektron. Tujuan adanya penggunaan katalis silika alumina diharapkan dapat menurunkan temperatur reaksi dan mempercepat reaksi dekomposisi.

Gamma aluminium oksida ($\text{Y-Al}_2\text{O}_3$) banyak digunakan sebagai katalis dan adsorben. Hal ini dikarenakan katalis $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ memiliki luas permukaan yang besar (150-300 m²/g), volume pori (3-12 nm). Selain itu, $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ stabil dalam proses pada suhu tinggi. $\text{Y-Al}_2\text{O}_3$ terbentuk melalui pemanasan pada suhu 500°C - 800°C (Riyadi, dkk., 2017).

Secara umum zeolit ditulis dengan rumus $\text{M}_{2n}\text{OAl}_2\text{O}_3 \cdot a\text{SiO}_2 \cdot b\text{H}_2\text{O}$ (Nurani, dkk, 2016). Zeolit dalam proses pirolisis akan memberikan perambatan suhu yang cepat dan stabil dikarenakan adanya kandungan alumina pada zeolit, sehingga dengan adanya proses tersebut suhu akan memutus

rangkaian struktur kimia pada biomassa (Kumara, dkk., 2015).

2. METODE PENELITIAN

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian adalah satu set reaktor pirolisis katalitik, *sieve shaker electric* (Ziaulhaq Solution), neraca analitik (Radwag AS110/C/2), *furnace* (Naberthem), piknometer (Pyrex), viskometer (Gilmond GV 2200 Barnant Company, USA), *bomb calorimeter* (Parr 6200), *flash point* (Koehler Instrument Company), limbah *styrofoam* yang diperoleh dari lingkungan kampus dan toko-toko elektronika, zeolit alam (BrataChem Distributor), silika alumina (Merck), γ - Al_2O_3 (Merck), HCl 37% (Sumber Kimia), NaOH 50% (Sumber Kimia), dan aquades (BrataChem).

2.2 Preparasi Katalis Zeolit Alam dan Silika Alumina

Zeolit alam yang berbentuk butiran dipreparasi hingga berukuran 60 mesh, kemudian direndam di dalam larutan HCl 1M selama 24 jam. Zeolit alam yang telah direndam, selanjutnya dicuci menggunakan aquades dan dikeringkan pada temperatur 130 °C selama 3 jam. Zeolit alam selanjutnya direndam kembali di dalam larutan NaOH 2M selama 24 jam, dicuci dan kembali dikeringkan pada temperatur yang sama. Untuk aktivasi silika alumina dilakukan dengan proses pengeringan pada temperatur 120 °C selama 2 jam. Untuk γ - Al_2O_3 dapat langsung digunakan sebagai katalis tanpa perlu melalui tahapan aktivasi.

2.3 Proses *Catalytic Cracking Styrofoam*

Styrofoam bersama dengan katalis dimasukkan ke reaktor dan dipanaskan pada temperatur tertentu. *Styrofoam* yang dipanaskan akan terdekomposisi dan mengalami pemutusan ikatan. Pemutusan ikatan terjadi dikarenakan katalis menambahkan proton ke dalam molekul olefin ataupun menarik ion hidrida yang terdapat pada *styrofoam*. 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.

2.4 Karakterisasi

Analisis komposisi senyawa kimia produk 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*, titik nyala ditentukan dengan ASTM D-92 dan untuk nilai kalor ditentukan dengan ASTM D-5865-11a.

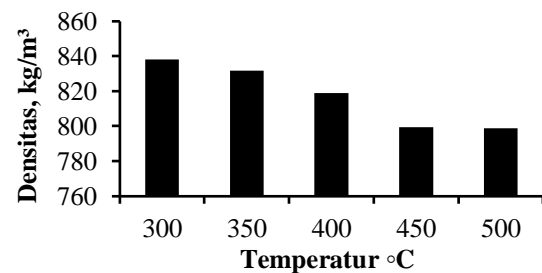
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memfokuskan pendataan pada variasi temperatur dan konsentrasi katalis dari proses konversi limbah *styrofoam* untuk mendapatkan bahan bakar cair yang sesuai dengan SNI 3506:2017.

3.1 Pengaruh Temperatur dengan Katalis Silika Alumina 20% terhadap Bahan Bakar Cair

3.1.1 Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan densitas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 1.

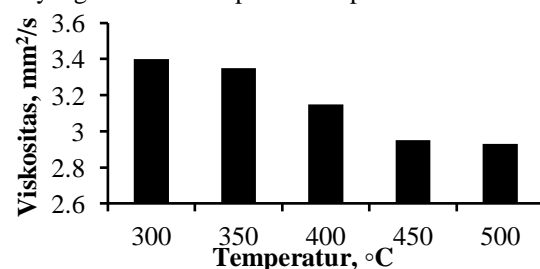


Gambar 1. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka densitas yang dihasilkan semakin rendah. Dari gambar 1 dapat dilihat nilai densitas tertinggi didapat pada temperatur 300 °C sebesar 838,13 kg/m³ dan nilai densitas terendah didapat pada temperatur 500 °C sebesar 798,79 kg/m³ dan . Hal ini dikarenakan kenaikan temperatur menyebabkan pemutusan rantai karbon panjang menjadi lebih ringan. Hal ini sesuai dengan penelitian Priyatna, dkk., (2015) menjelaskan bahwa semakin tinggi temperatur operasi yang digunakan maka produk yang dihasilkan akan semakin ringan karena komponen hidrokarbon ringan yang dihasilkan semakin banyak hal inilah yang membuat densitas semakin menurun.

3.1.2 Viskositas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan viskositas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 2.

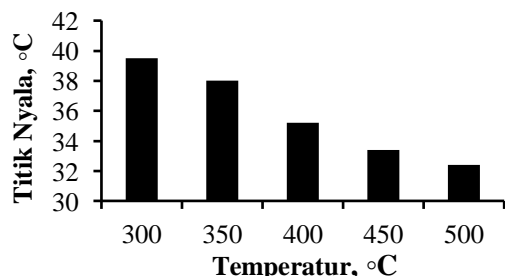


Gambar 2. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai viskositas tertinggi didapat pada temperatur 300 °C sebesar 3,40 mm²/s dan viskositas terendah didapat pada temperatur 500 °C sebesar 2,93 mm²/s. Gambar 2 menunjukkan nilai viskositas bahan bakar cair semakin menurun seiring meningkatnya temperatur. Hal ini disebabkan seiring meningkatnya temperatur, jarak antar molekul pada bahan bakar cair menjadi semakin renggang (Lumbantoruan, 2016). Viskositas dipengaruhi oleh massa jenisnya, semakin kecil massa jenis fluida menyebabkan viskositas fluida juga semakin kecil hal ini karena nilai viskositas berkaitan erat dengan dengan nilai densitas. Menurut Sutiah, dkk., (2008) besarnya viskositas berbanding lurus dengan massa jenis fluida. Sejalan dengan hasil analisa densitas pada Gambar 1 temperatur tinggi menyebabkan densitas semakin menurun, sehingga viskositas juga semakin menurun.

3.1.3 Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Titik nyala merupakan faktor yang sangat penting menyatakan mudahnya suatu bahan bakar untuk terbakar. Grafik hubungan variasi temperatur dengan titik nyala bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 3.



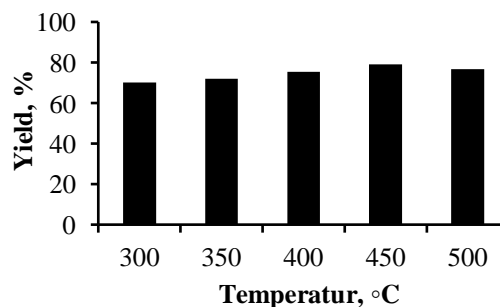
Gambar 3. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat, nilai titik nyala bahan bakar cair yang didapat mengalami penurunan, dimana semakin tinggi temperatur maka semakin rendah titik nyala. Berdasarkan hasil penelitian, titik nyala bahan bakar cair yang diperoleh berkisar antara 32,4 – 39,5 °C. Pada temperatur tinggi semakin cepat bahan bakar cair nyala karena sedikitnya kandungan air yang terdapat didalam bahan bakar cair. Nasrun, dkk., (2016) menyatakan semakin tinggi temperatur maka kandungan air didalam minyak semakin sedikit sehingga semakin cepat api menyambar. Titik nyala suatu bahan bakar menandakan batas aman terhadap bahaya kebakaran selama penyimpanan.

3.1.4 Persentase Yield

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan persentase yield bahan

bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 4.



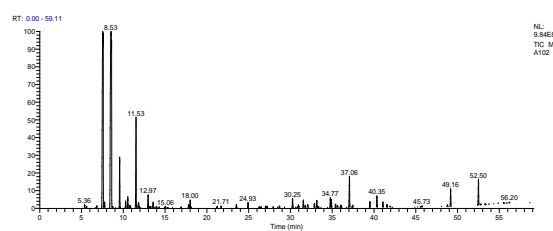
Gambar 4. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Yield Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa yield bahan bakar cair tertinggi yaitu 79,09% suhu 450°C. Dimana pada temperatur tersebut menunjukkan bahwa komponen penyusun styrofoam paling banyak terdekomposisi. Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka persentase yield yang dihasilkan mengalami peningkatan, dimana peningkatan temperatur akan mempercepat proses perengkakan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Kholidah (2018) dalam penelitiannya, semakin tinggi suhu maka persentase yield yang dihasilkan juga semakin banyak.

Pada temperatur 500°C persentase yield mengalami penurunan karena pada temperatur yang lebih tinggi yield cairan yang dihasilkan lebih sedikit, karena lebih banyak menghasilkan gas dari pada cairan. Hal tersebut yang membuat hasil minyak akan meningkat sampai batas tertentu kemudian menurun. Mandala, dkk., (2016) menyatakan bahwa diatas suhu 500°C, terjadi proses dekomposisi produk lebih lanjut menjadi gas sehingga minyak yang dihasilkan akan mulai berkurang.

3.1.5 Analisis Gas Cromatografi-Mass Spektrometer (GC-MS)

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, komposisi senyawa kimia bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kromatogram Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis

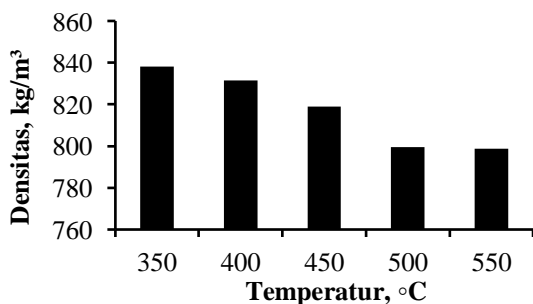
Berdasarkan Gambar 5 hasil analisa GC-MS fraksi dan komposisi senyawa yang

terkandung dalam produk bahan bakar cair dengan nilai waktu retensi yang didapat sebesar 5,36 sampai 23,54 dengan persen area sebesar 83,71% mengandung C_5-C_{12} setara gasolin. Fraksi diesel fuel/kerosin yaitu 11,26% didapat pada waktu retensi 24,93 sampai 42,06 mengandung $C_{13}-C_{20}$. Fraksi minyak berat yaitu 4,34% dan adanya senyawa lain dalam produk sebesar 0,69 %. Hasil Analisis menggunakan GC- MS, dapat dilihat bahwa bahan bakar cair yang dihasilkan mengandung fraksi bensin (C_5-C_{12}) lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi lain. Namun fraksi-fraksi yang terkandung dalam produk masih bercampur serta masih adanya minyak berat dan senyawa lain. Dapat disimpulkan bahwa bahan bakar cair yang didapatkan dapat dikatakan setara bensin dimana fraksi gasoline yang didapat lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Kholidah (2018), dimana bahan bakar cair yang didapatkan terdiri dari senyawa alkana (parafin), alkena (olefin), aromatik dan senyawa lainnya dengan komposisi fraksi gasoline yang lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi lainnya.

3.2 Pengaruh Temperatur dengan Katalis $\gamma-Al_2O_3$ 4% terhadap Bahan Bakar Cair

3.2.1 Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan densitas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 6.

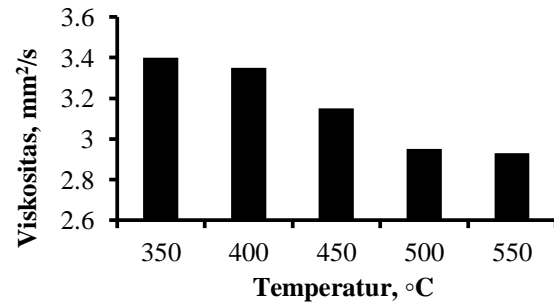


Gambar 6. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 6 dapat dilihat semakin tinggi temperatur semakin rendah densitas bahan bakar cair yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan semakin tinggi temperatur, fraksi berat semakin berkurang dimana sebagian besar produk telah terengah menjadi produk dengan fraksi yang lebih ringan. Nilai densitas yang dihasilkan belum memenuhi standar SNI 3506:2017. Hal tersebut dikarenakan masih adanya kandungan diesel, minyak berat serta senyawa-senyawa lainnya pada bahan bakar cair yang didapat. Nilai densitas yang didapat berada pada range yang sama dengan hasil penelitian Salamah dan Maryudi (2018) yaitu 0,8192 (819,2 kg/m³).

3.2.2 Viskositas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan viskositas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 7.

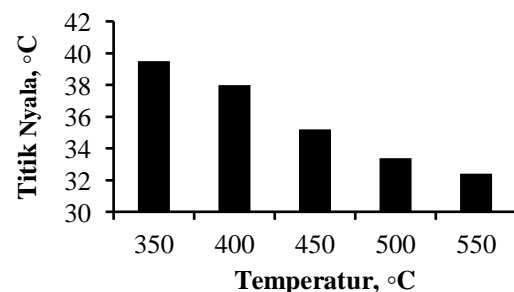


Gambar 7. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair

Pada Gambar 7 dapat dilihat, nilai viskositas bahan bakar cair semakin menurun seiring meningkatnya temperatur. Hal ini disebabkan karena pada temperatur tinggi akan menghasilkan senyawa rantai karbon yang lebih pendek (Selpiana., dkk., 2019). Selain itu dikarenakan gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila temperatur ditingkatkan sehingga menurunkan kekentalan bahan bakar cair. Nilai viskositas terendah didapat pada temperatur 550 °C dan nilai viskositas tertinggi didapat pada temperatur 350 °C.

3.2.3 Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan titik nyala bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 8.



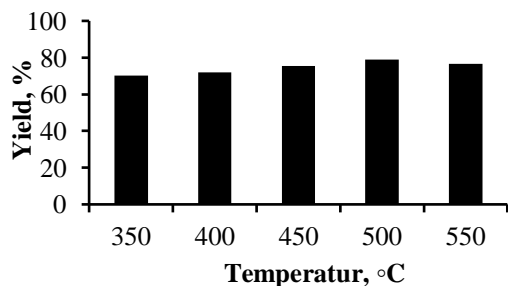
Gambar 8. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Titik nyala erat kaitannya dengan kemudahan bahan bakar untuk menyala dan kecepatan proses pembakaran. Berdasarkan Gambar 8, titik nyala bahan bakar cair semakin rendah seiring meningkatnya temperatur. Hal ini dikarenakan kandungan air dalam bahan bakar cair semakin sedikit. Menurut Nasrun (2016), semakin tinggi temperatur maka kandungan air di dalam minyak

semakin sedikit dan menyebabkan titik nyala semakin rendah.

3.2.4 Persentase Yield

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara temperatur dengan persentase yield bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 9.

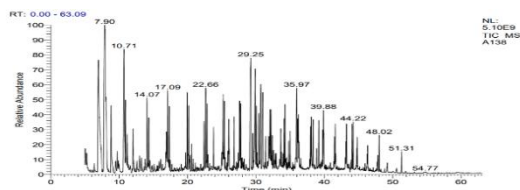


Gambar 9. Grafik Pengaruh Temperatur terhadap Yield Bahan Bakar Cair

Gambar 9 menunjukkan %yield dari bahan bakar cair yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh temperatur operasi. Semakin tinggi temperatur maka semakin besar %yield yang didapatkan. Persen yield terbesar dihasilkan pada temperatur 500°C sedangkan persen yield terendah pada temperatur 350°C. Pada kondisi temperatur 550 °C terjadi pengurangan jumlah yield yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh peningkatan temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *cracking* sekunder yang menghasilkan produk fraksi hidrokarbon rantai pendek berupa gas yang sulit terkondensasi sehingga terbuang ke udara dan mengurangi jumlah *yield* yang terbentuk (Isalmi, 2019).

3.2.5 Analisis Gas Cromatografi-Mass Spektrometer (GC-MS)

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, komposisi senyawa kimia bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Kromatogram Bahan Bakar Cair

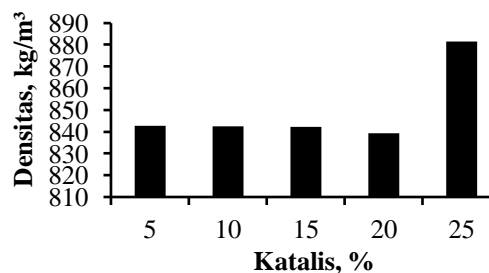
Pada penelitian ini analisa GC-MS dilakukan pada produk bahan bakar cair dengan yield tertinggi, yaitu pada suhu 500°C. Gambar 10 menunjukkan bahwa komponen yang terdapat pada bahan bakar cair yang dihasilkan berupa fraksi bensin (gasolin) dengan rantai karbon C₇-C₁₁ sebesar 36,44%, fraksi kerosin-diesel dengan rantai

karbon C₁₂-C₂₀ sebesar 49,99% dan senyawa lainnya yang sebagian masih berupa minyak berat sebesar 13,53%. Jika dilihat dari besarnya fraksi kerosene/diesel yang terkandung pada bahan bakar cair, maka bahan bakar cair yang diperoleh dapat dikategorikan sebagai bahan bakar cair setara dengan fraksi kerosene/diesel.

3.3 Pengaruh Konsentrasi Katalis dengan Temperatur 460°C terhadap Bahan Bakar Cair

3.3.1 Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara jumlah katalis dengan densitas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 11.

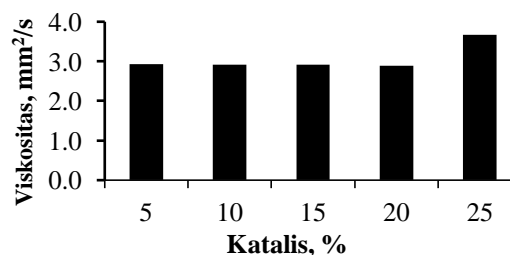


Gambar 11. Grafik Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Densitas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 11 dapat dilihat semakin banyak jumlah katalis yang digunakan, semakin rendah densitas bahan bakar cair yang didapatkan. Hasil analisis densitas yang didapatkan sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Uyun (2017) pada proses konversi katalitik limbah plastik polipropilen. Tetapi hal ini tidak berlaku pada penggunaan 25% katalis. Meningkatnya nilai densitas pada penggunaan 25% katalis disebabkan %katalis yang digunakan telah melewati batas optimum penggunaan sehingga banyak residu karbon yang bercampur dengan produk yang mempengaruhi densitas dari bahan bakar cair itu sendiri.

3.3.2 Viskositas Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara jumlah katalis dengan viskositas bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 12.

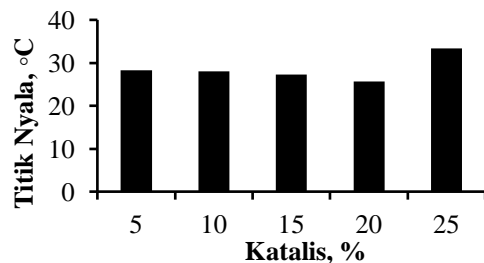


Gambar 12. Grafik Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair

Pada Gambar 12 dapat dilihat nilai viskositas bahan bakar cair semakin menurun seiring bertambahnya jumlah penggunaan katalis meskipun penurunan nilai viskositasnya tidak begitu signifikan. Hal ini dikarenakan banyak fraksi hidrokarbon rantai pendek yang terbentuk seiring bertambahnya penggunaan katalis seperti gasoline dan hanya sedikit mengandung hidrokarbon fraksi berat. Dimana pada bahan bakar cair didapatkan fraksi gasoline sebesar 88,43%, fraksi kerosene/diesel 8,59%, fraksi berat 2,13%. Hal ini sesuai dengan pendapat Abdullah, dkk., (2019) yang menyatakan bahwa nilai viskositas yang lebih rendah mengindikasikan bahwa senyawa yang terkandung dalam sampel memiliki rantai hidrokarbon yang lebih pendek yang memiliki arti terjadinya pemutusan rantai hidrokarbon pada sampel.

3.3.3 Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara jumlah katalis dengan titik nyala bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 13.

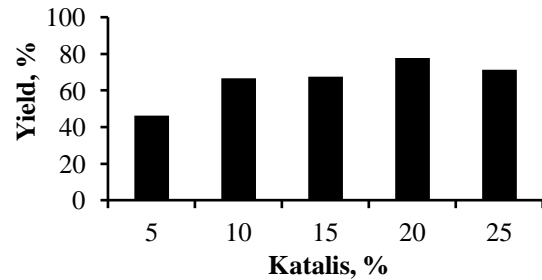


Gambar 13. Grafik Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 13 dapat dilihat, nilai titik nyala bahan bakar cair yang didapat semakin menurun seiring bertambahnya jumlah penggunaan katalis, tetapi hal ini tidak berlaku pada penggunaan 25% katalis. Hal ini dikarenakan banyaknya residu karbon yang terdapat pada minyak akibat penggunaan katalis yang telah melebihi batas penggunaan optimum, sehingga titik nyala pada produk lebih tinggi dibandingkan dengan titik nyala pada produk lainnya. Titik nyala yang didapatkan berada pada range yang sama dengan penelitian Salamah dan Maryudi (2018) yaitu 29°C. Namun untuk standar nilai titik nyala sendiri tidak ada ketentuan dari SNI 3506:2017.

3.3.4 Persentase Yield

Berdasarkan hasil penelitian, hubungan antara jumlah katalis dengan persentase yield bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 14.



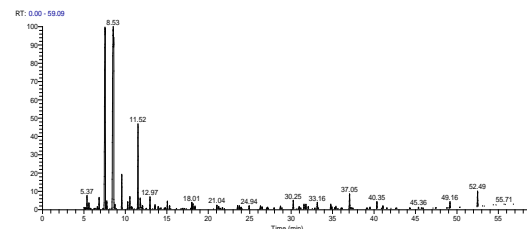
Gambar 14. Grafik Pengaruh Jumlah Katalis terhadap % Yield Bahan Bakar Cair

Berdasarkan Gambar 14 menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan, maka persentase yield yang dihasilkan mengalami peningkatan. Penambahan katalis pada proses perengkahan katalitik dapat mempercepat suatu reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi pada proses pemecahan ikatan senyawa, sehingga proses perengkahan berjalan menjadi lebih efektif dan produk cair yang dihasilkan menjadi lebih banyak (Salamah dan Maryudi, 2018).

Persentase yield tertinggi didapatkan pada penggunaan 20% katalis dan pada penambahan katalis sebanyak 25% dari jumlah reaktan yang digunakan %yield produk cair mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Salamah dan Maryudi (2018) dimana %yield tertinggi yang didapatkan yaitu pada penggunaan 20% katalis dan mengalami penurunan perolehan %yield pada variasi 30%, 40% dan 50%. Hal ini dikarenakan penggunaan katalis diatas 20% dari jumlah reaktan telah melewati titik operasi optimum katalis itu sendiri sehingga kinerja dari katalis menjadi kurang optimal yang mengakibatkan proses dekomposisi tidak berjalan efektif.

3.3.5 Analisis Gas Cromatografi-Mass Spektrometer (GC-MS)

Berdasarkan hasil analisis GC-MS, komposisi senyawa kimia bahan bakar cair yang dihasilkan dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Kromatogram Bahan Bakar Cair Hasil Pirolisis

Berdasarkan Gambar 15 hasil analisa GC-MS bahan bakar cair dengan sifat fisis terbaik, produk bahan bakar cair mengandung fraksi gasoline (C_5 - C_{12}) sebesar 88,43% sedangkan untuk fraksi kerosene/diesel (C_{13} - C_{20}) dan fraksi minyak beratnya ($>C_{20}$) sebesar 8,59% dan 2,13%. Jika

dilihat dari besarnya fraksi gasoline yang terkandung pada bahan bakar cair, maka bahan bakar cair yang diperoleh dapat dikategorikan sebagai bahan bakar cair setara dengan fraksi gasoline. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Kholidah (2018), dimana bahan bakar cair yang didapatkan terdiri dari senyawa alkana (parafin), alkena (olefin), aromatik dan senyawa lainnya dengan komposisi fraksi gasoline yang lebih tinggi dibandingkan dengan fraksi lainnya.

Bahan bakar cair diperoleh dari styrofoam yang dikonversi melalui proses catalytic cracking menggunakan katalis silika alumina, γ - Al_2O_3 , dan zeolit alam di dalam reaktor. 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.

3.4 Perbandingan Bahan Bakar Cair yang Dihasilkan dengan Penelitian Sebelumnya

Tabel 1. 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)	Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	Referensi
Styrofoam	Pirolisis Katalitik	T = 250 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	Al_2O_3 (6% w/w)	-	17,00	763,0	-	-	Kholidah, 2018
Polipropilen	Pirolisis Katalitik	T = 450 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	Zeolit A (1,5% w/w)	Gasolin 35,61% Kerosin /Diesel 28,41 %	76,82	776,0	-	-	Priyatna, dkk., 2015
Polipropilen	Pirolisis Katalitik	T = 400 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	Zeolit Sintetis (7 % w/w)	-	75,69	870	2,140	-	Rahman, dkk., 2017
Polietilen Terephthalat	Pirolisis Katalitik	T = 450 $^{\circ}\text{C}$ t = 120 Menit	SiO_2 - Al_2O_3 (1% w/w)	-	14	-	-	-	Salamah dan Maryudi, 2019
Styrofoam	Pirolisis Katalitik	T = 450 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	SiO_2 - Al_2O_3 (20% w/w)	Gasolin 83,71% Kerosin /Diesel 11,26 %	79,09	799,45	2,950	33,4	Penelitian Sekarang
Styrofoam	Pirolisis Katalitik	T = 500 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	γ - Al_2O_3 (4% w/w)	Gasolin 36,44% Kerosin /Diesel 49,99 %	68,02	807,57	3,11	32,34	Penelitian Sekarang
Styrofoam	Pirolisis Katalitik	T = 460 $^{\circ}\text{C}$ t = 60 Menit	Zeolit Alam (20% w/w)	Gasolin 88,43% Kerosin /Diesel 8,59 %	77,78	839,28	2,8814	25,67	Penelitian Sekarang

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa konversi styrofoam menjadi bahan bakar cair dengan katalis silika alumina menghasilkan yield terbesar. Bahan bakar cair dari styrofoam menghasilkan yield sebesar 79,09% dengan kondisi operasi temperatur

450 $^{\circ}\text{C}$ selama 60 menit, lebih besar dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Bahan bakar cair yang dihasilkan mengandung senyawa hidrokarbon dengan rentang C_5 - C_{12} (Gasolin)

sebesar 83,71%, C₁₃-C₂₀ (Kerosin/Diesel) sebesar 11,26%.

4. SIMPULAN

Berdasarkan pada hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa limbah styrofoam dapat dijadikan bahan bakar cair dengan metode *catalytic cracking*. Kondisi operasi optimum menggunakan katalis silika alumina adalah pada temperatur 450 °C, 20% katalis dan waktu 60 menit, yield 79,09% dengan hasil analisa GC-MS menghasilkan fraksi gasolin sebesar 83,71%. Kondisi operasi optimum menggunakan katalis gamma alumunium oksida adalah pada temperatur 500 °C, 4% katalis dan waktu 60 menit, yield 68,2% dengan hasil analisa GC-MS menghasilkan fraksi gasolin sebesar 36,44%. Sedangkan kondisi optimum menggunakan katalis Zeolit alam aktif adalah pada 20% katalis, temperatur 460 °C yaitu dengan yield 77,78% dan hasil analisa GC-MS menghasilkan fraksi gasolin sebesar 88,43%. Bahan bakar cair yang dihasilkan memiliki kandungan senyawa yang terdiri dari alkana, alkena, sikloalkana, aldehid, keton, benzena, stirena, phenil, alkohol dan naphthalena.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D-92. *Standard Test Method for Flash and Fire Points by Cleveland Open Cup Tester*. American National Standard. <http://www.sepehrshimi.com/ASTM/D92.pdf> diunduh pada 22 November 2020.
- 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> diunduh pada 22 November 2020.
- Kholidah, N. 2018. *Pengaruh Temperatur Terhadap Persentase Yield Pada Proses Perengkahan Katalitik Sampah Plastik Menjadi Bahan Bakar Cair*. 2(1), 28-33.
- Kumara, D. C., Wijayanti, W., dan Widhiyanuriyawan, D. 2015. *Pengaruh Penggunaan Katalis (Zeolit) Terhadap Kinetic Rate Tar Hasil Pirolisis Serbuk Kayu Mahoni (Switenia Macrophylla)*. 6(1), 19-25.
- Lumbantoruan, P., dan Erislah, Y. 2016. *Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Pelumas (OLI)*. 13(2), 26-34.
- Mandala, W. W., Cahyono, M. S., Maarif, S., Sukarjo, H. B., dan Wardoyo, W. 2016. *Pengaruh Suhu terhadap Rendemen dan Nilai Kalor Minyak Hasil Pirolisis Sampah Plastik*. 1(2), 49-52.
- Nasrun, N., Kurniawan, E., dan Sari, I. 2016. *Studi Awal Produksi Bahan Bakar Dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas*. 5(1), 30-44.
- Nurani, I., Septyaningsih, D., Sri, I., Emas, H., dan Prastyo, A. 2016. *Analisis Keefektivan Zeolit pada Proses Adsorpsi Pemurnian Minyak Jelantah*. Prosiding Seminar Nasional XI "Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta. 368-372.
- Pratiwi, R., dan Wiwiek, D. 2015. *Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam Dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenis Hdpe Menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin*. Prosiding Semnastek. hal.1-5.
- Priyatna, Aldi Okta., Zultiniar dan Saputra, E. 2015. *Perengkahan Katalitik Limbah Plastik Jenis Polypropylene (PP) Menjadi Bahan Bakar Minyak Menggunakan Katalis Zeolit Alam*. 2(2), 11-17.
- Rahman, M. T. A., Syarfi, D., Muhammad, R. 2017. *Pengaruh Suhu dan Persen Katalis Zeolit Terhadap Yield Pirolisis Limbah Plastik Polypropylene (PP)*. 4(2), 1-7.
- Risdiyanta, R. (2015). *Mengenal Kilang Pengolahan Minyak Bumi (Refinery) Di Indonesia*. 5(4), 46-54.
- Riyadi, A. C. N. dan Ika, Y.M. 2017. *Studi Pembuatan Nanokatalis Y-Alumina dengan Metode Sol-Gel*. Skripsi. Fakultas Teknologi Industri ITS.
- Salamah, Siti dan Maryudi. 2019. *Recycle Limbah Polyethylene Terephthalate Melalui Proses Pirolisis dengan Katalis Silika Alumina*. 14(1), 104-111.
- Salamah, Siti dan Maryudi. 2018. *Proses Pirolisis Limbah Styrofoam Menggunakan Katalis Silika-Alumina*. 13(1), 1-7.
- Selpiana, Prahady,S., Lia, C., Rizka, W.,Putri, Omar, I., dan Dedek, O. 2019. *Pengaruh Waktu dan Temperatur Terhadap Sifat Fisik Cairan Hasil Proses Perengkahan Limbah Plastik Jenis Expanded Polystirene*. 30(2).

Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN). (2018). *Data Pengelolaan Sampah Regional Sumatera Provinsi Sumatera Selatan Kota Palembang*. <http://sipsn.menlhk.go.id> diakses pada tanggal 4 Juni 2020.

Standar Nasional Indonesia (SNI). 2017. *Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin* 88. <http://sispk.bsn.go.id/SNI/DetailSNI/11560> diakses pada tanggal 22 November 2020.s

Sutiah, K. S., Firdausi, dan W. S. Budi. 2008. *Studi Kualitas Minyak Goreng dengan Parameter Viskositas dan Indeks bias*.11(2), 53-58.

Uyun, I. Q. 2017. *Produksi Bahan Bakar Cair Hidrokarbon (C₈-C₁₃) dari Limbah Plastik Polipropilena Hasil Konversi Katalitik dengan Variasi Jumlah Katalis Al-MCM-41*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam ITB.