

PENGARUH TEMPERATUR DAN WAKTU REAKSI MINYAK JELANTAH DENGAN ZEOLIT ALAM PADA PRODUKSI BIOFUEL

EFFECTS OF TEMPERATURE AND REACTION TIME BETWEEN WASTE COOKING OIL AND ZEOLITE ON BIOFUELS PRODUCTION

Ida Febriana¹, Tri Karimah Ramadhini¹, Tri Aulia¹

¹Teknik Energi/Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar, Palembang 30139, +620711353414 / +6271135518

*e-mail : i.febriana@yahoo.com, trikarimahr.18@gmail.com

ABSTRACT

Biofuel is an alternative fuel that can be produced with organic resources such as vegetable oil and animal fat. One of the items that can be converted into biofuels is waste cooking oil. Waste cooking oil has a long hydrocarbon chain that allows it to be cracked. Biofuels are produced by catalytic cracking process. Catalytic cracking is a process in which complex hydrocarbon fractions are cracked into smaller, more valuable hydrocarbon. In this process natural zeolite is used by its ability on cracking hydrocarbon fractions. This research aims to get optimum condition of converting waste cooking oil to biofuels and to know the effects of temperature and reaction time on its products produced. The amount of raw materials, type of catalyst and amount of catalyst is preferred as controlled variable in this research, whereas temperature and reaction time is preferred as statistical variable. Biofuels are produced by various temperature such as 280°C-320°C and reaction time on 30 minutes-150 minutes using natural zeolite catalyst which accelerate the reactions. According to the process that has been done, this research obtained optimum process condition at the highest temperature 320°C which reviewed by its yield produced percentage in amount of 9.8147%. Based on various tested parameters including density, viscosity, flash point and GC-MS, biofuels has required the quality standard.

Keyword : Biofuel, Waste Cooking Oil, Temperature, Reaction Time, Natural Zeolite.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan bahan bakar minyak di Indonesia yang hanya mengandalkan energi fosil menyebabkan cadangan minyak Indonesia kian hari semakin menipis. Produksi minyak bumi Indonesia selama sepuluh tahun terakhir cenderung menurun dan tidak mampu mencukupi jumlah permintaan yang terus meningkat. Penggunaan energi fosil secara berlebihan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar.

Berdasarkan PP Republik Indonesia No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional yang membahas target tercapainya bauran energi primer peran energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% pada tahun 2050. Didalamnya disebutkan pemanfaatan sumber energi terbarukan dari jenis bahan bakar nabati diarahkan untuk menggantikan bahan bakar minyak terutama untuk transportasi dan industri. Hal ini menandakan pemanfaatan bahan bakar nabati ini sangat dipertimbangkan.

Salah satu bahan bakar nabati yang sedang gencar dikembangkan adalah *biofuel*. *Biofuel* adalah salah satu bahan bakar alternatif yang dapat diproduksi dengan sumber bahan organik seperti minyak nabati dan

lemak hewan (Tria, 2018). Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, *biofuel* mempunyai kelebihan diantaranya dapat diproduksi secara lokal dengan memanfaatkan sumber minyak atau lemak alami yang tersedia. Proses produksi lebih rendah akan tingkat emisi CO, NO, Sulfur dan senyawa hasil pembakaran lainnya serta bersifat lebih mudah terurai di alam.

Pengembangan *biofuel* sendiri mampu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta penggunaannya lebih ramah lingkungan (Investasi Bioenergi, 2016). *Biofuel* yang dihasilkan berupa bahan bakar nabati yang dikelompokkan menjadi biogasolin, biodiesel dan biokerosin.

Minyak jelantah merupakan minyak goreng bekas yang merupakan limbah dari proses penggorengan. Akibat dari proses tersebut beberapa trigliserida akan terurai menjadi senyawa lain, salah satunya asam lemak bebas (FFA). Asam lemak dengan rantai hidrokarbon panjang dapat dijadikan hidrokarbon rantai pendek dengan proses pemutusan rantai karbon (*cracking*). Seperti halnya minyak bumi, maka minyak jelantah juga memiliki struktur trigliserida ini juga mengandung hidrokarbon (Gatot, 2014).

Pemanfaatan minyak jelantah sebagai bahan baku yang jumlahnya melimpah dan murah juga

merupakan upaya mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh limbah minyak jelantah yang tidak diolah sebelum dibuang.

Pada penelitian ini digunakan katalis zeolit alam. Zeolit merupakan mineral hasil tambang yang bersifat lunak dan mudah kering. Zeolit umumnya digunakan sebagai absorben, katalis dan sebagai media pengemban pada industri kimia (Andrianus, 2013). Zeolit alam memiliki kemampuan yang cukup baik dalam memutus ikatan. Dipilihnya katalis zeolit ini berdasar pada kemampuan zeolit yang memiliki stabilitas termal yang tinggi yang bisa mencapai suhu 400°C. Menurut Buchori (2016), Ukuran kristal zeolit yang baik untuk digunakan kebanyakan tidak lebih dari 10-15 mikron, hal ini dikarenakan semakin kecil ukuran zeolit maka ukuran pori zeolit akan semakin luas sehingga frekuensi tumbukan dengan atom minyak goreng akan semakin besar dan akibatnya aktifitas perengkahan zeolite dalam memutus rantai akan semakin baik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur dan waktu reaksi terhadap *biofuel* yang dihasilkan dan untuk memperoleh *biofuel* berdasarkan karakteristik yang sesuai dengan SNI 7182:2015 dan SNI 8220:2017. Diharapkan dari hasil penelitian ini diperoleh pengetahuan dan teknologi yang berguna untuk mengurangi masalah limbah minyak jelantah dan menghasilkan *biofuel* yang dapat mengatasi masalah krisis energi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah reaktor *batch catalytic cracking*, piknometer, viskometer, *flash point tester*, neraca analitik, gelas kimia dan *stopwatch*. Bahan-bahan yang digunakan adalah minyak jelantah, katalis zeolit alam, HCl pro analis Merck 38% , NaOH Merck.

Aktivasi katalis zeolite alam

Katalis zeolit alam mengalami pengecilan ukuran dengan cara digerus hingga ukuran 60 mesh. Aktivasi zeolit alam dilakukan dalam dua tahap yakni aktivasi secara fisika dan kimia (Gatot, 2014). Aktivasi kimia dilakukan dengan merendam zeolit pada larutan HCl 1M selama 24 jam kemudian dicuci hingga pH netral. Aktivasi fisika dilakukan dengan memanaskan zeolit yang sudah dicuci pada oven dengan suhu 130°C selama 3 jam. Setelah kering, zeolit direndam pada larutan NaOH 2M selama 24 jam, kemudian dicuci hingga pH netral dan kembali dipanaskan pada suhu 130°C selama 3 jam. Sampel zeolite kemudian di kalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam. Aktivasi dilakukan untuk menghilangkan pengotor dan meningkatkan stabilitas termal katalis tersebut (Reno, 2015).

Proses perengkahan minyak jelantah

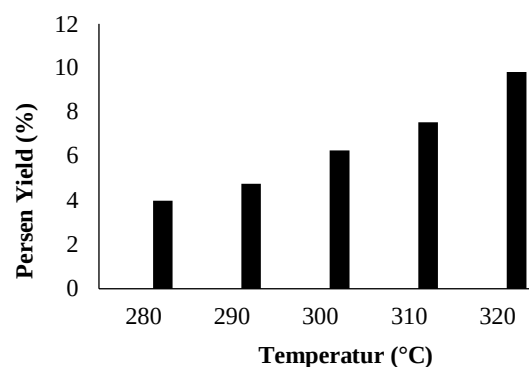
Pada proses perengkahan minyak jelantah reaksi berlangsung pada proses *batch* menggunakan 500 gr minyak jelantah dengan variasi temperatur (280°C,

290°C, 300°C, 310°C dan 320°C). Variasi waktu 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit dengan penggunaan katalis sebanyak 5% dari jumlah bahan baku. Bahan baku minyak jelantah dan katalis zeolite alam ditempatkan pada reaktor *batch* kemudian reaktor ditutup rapat agar memastikan tidak ada gas yang keluar dari celah alat selama proses berlangsung. *Biofuel* yang dihasilkan dari proses perengkahan kemudian dianalisa sifat fisik nya meliputi densitas, viskositas dan titik nyala. Analisis sifat kimia produk dilakukan guna mengetahui komposisi senyawa penyusunnya menggunakan instrumen *Gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) *Thermo Scientific TracegoldTG-5MSColumn*, panjang 40 meter, diameter 0,25 mm dan ketebalan film 0,25mm. untuk mengetahui senyawa yang terkandung.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Temperatur

Temperatur reaksi divariasikan dari 280°C-320°C. Variabel lain dibuat konstan pada konsentrasi katalis 5%. Produk hasil reaksi dapat dilihat pada Gambar 1.

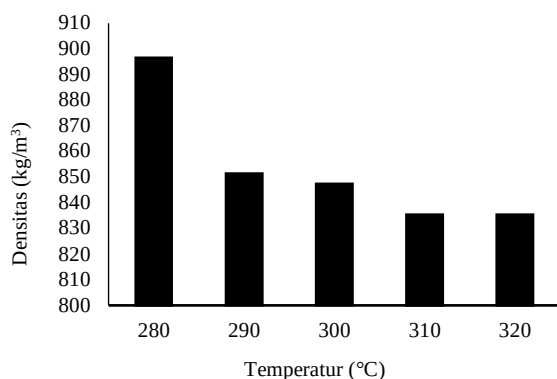


Gambar 1. Pengaruh temperatur terhadap persen yield

Temperatur reaksi dapat mempengaruhi *biofuel* yang dihasilkan seperti terlihat pada Gambar 1. Persen yield terbesar dihasilkan pada temperatur 320°C yaitu sebesar 9,8147%, sedangkan persen yield terendah pada temperatur 280°C yaitu sebesar 3,9907%. Hal ini dikarenakan berdasar pada teori semakin tinggi temperatur reaksi dan semakin lama waktu reaksi maka memungkinkan kontak yang terjadi antar zat semakin besar sehingga akan menghasilkan konversi yang besar (Shilvia dkk, 2014). Peningkatan temperatur yang terjadi menyebabkan molekul bergerak lebih cepat sehingga semakin besar pula peluang tumbukan antar molekul. Meningkatnya temperatur pada suatu reaksi menyebabkan kenaikan laju reaksi sehingga persen yield yang didapatkan akan semakin bertambah.

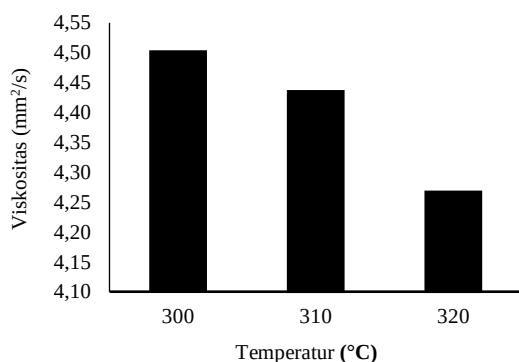
Pada kondisi tertentu temperatur yang terlalu tinggi dapat mengurangi jumlah yield yang dihasilkan, hal ini disebabkan oleh peningkatan temperatur yang terlalu tinggi akan menyebabkan terjadinya *cracking* sekunder yang menghasilkan produk fraksi hidrokarbon

rantai pendek berupa gas yang sulit terkondensasi sehingga terbuang ke udara dan mengurangi jumlah *yield biofuel* yang terbentuk (Aziz dkk, 2019). Berikut merupakan grafik hubungan antara pengaruh temperatur terhadap densitas yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh temperatur terhadap densitas

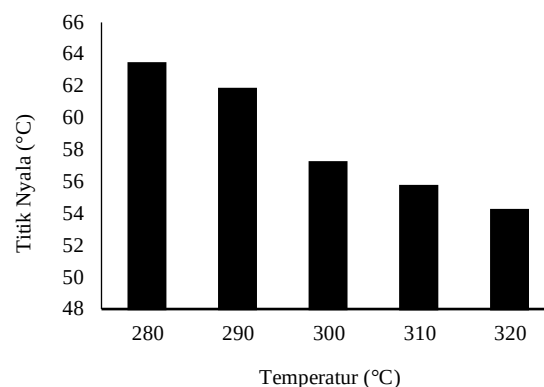
Dari Gambar 2 diketahui bahwa temperatur mempengaruhi kualitas *biofuel* yang dihasilkan. Seiring dengan adanya kenaikan temperatur, nilai densitas yang didapatkan semakin menurun, hal yang mendasari adalah temperatur tinggi pada reaksi menyebabkan pemutusan rantai karbon menjadi semakin pendek dan ikatan rangkap semakin sedikit (Shilvia dkk, 2014). Artinya, semakin banyak asam lemak yang terkonversi menjadi bahan bakar cair (*Biofuel*). Nilai densitas pada suhu 280°C dan 290°C memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak biodiesel SNI 7812:2015 dengan range 850-890 kg/m³. Sedangkan nilai densitas pada suhu 300, 310 dan 320°C memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak solar sesuai SNI 8220:2017 dengan range 815-870 kg/m³.



Gambar 3. Pengaruh temperatur terhadap viskositas

Gambar 3 menunjukkan bahwa pengujian viskositas pada penelitian ini hanya dilakukan sebanyak 3 kali dikarenakan jumlah sampel tidak mencukupi volume minimum (50 ml) dari alat *viscometer*. Pada Gambar 3 terlihat nilai viskositas yang cenderung menurun seiring dengan kenaikan temperatur. Temperatur mempengaruhi nilai viskositas karena viskositas memiliki kaitan yang erat dengan densitas (Yanisa, 2018). Karena nilai densitas dan viskositas

sebanding maka ketika nilai densitas menurun, nilai viskositas juga akan semakin menurun begitupun sebaliknya, hal ini disebabkan kerapatan antar molekul yang semakin rapat pada minyak, maka gaya kohesi pada minyak akan semakin besar sehingga kekentalan minyak semakin tinggi. Hal ini dibuktikan pada suhu tertinggi diperoleh nilai viskositas terendah sebesar 4,267 mm²/s yang menunjukkan bahwa terjadinya peningkatan temperatur mengurangi gaya kohesi molekul.

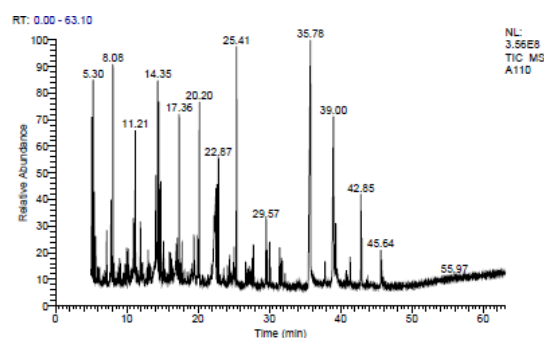


Gambar 4. Pengaruh temperatur terhadap titik nyala

Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur perengkahan maka titik nyala akan semakin rendah. Nilai titik nyala didapatkan pada rentang 54,2°C- 63,4°C yang masih tergolong rendah dan tidak memenuhi standar titik nyala biodiesel SNI 7812:2015. Namun nilai titik nyala yang diperoleh telah memenuhi standar mutu bahan bakar cair jenis solar SNI 8220:2017 dengan batasan minimum titik nyala pada suhu 52°C.

Rendahnya temperatur titik nyala diakibatkan oleh komposisi senyawa *biofuel* yang masih berupa campuran fraksi bensin, kerosin - diesel dan asam lemak sehingga titik nyala nya masih berada pada rentang fraksi yang paling dominan.

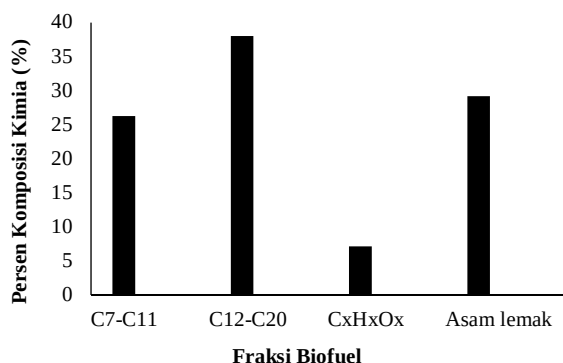
Gas Chromathography- Mass Spectrometry (GC-MS)



Gambar 5. Kromatogram *Biofuel* hasil *Cracking*

Analisis Gas Chromathography- Mass Spectrometry (GC-MS) produk hasil *catalytic cracking*

dari minyak jelantah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui komposisi senyawa kimia yang terkandung di dalam produk. Pada penelitian ini analisa GC-MS dilakukan pada produk *biofuel* dengan *yield* tertinggi, yaitu pada suhu 320°C.

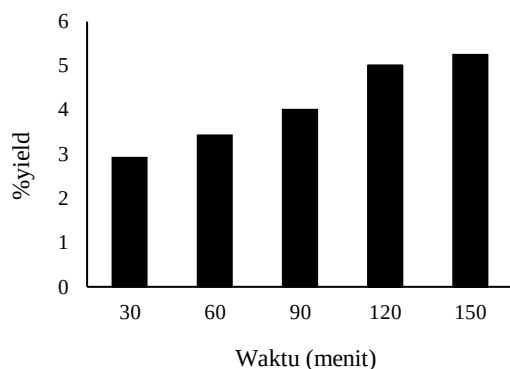


Gambar 6. Fraksi dan Komposisi *Biofuel*

Gambar 6 menunjukkan bahwa komponen yang terdapat pada *biofuel* yang dihasilkan merupakan senyawa alkana cair yang berupa fraksi bensin (gasolin) dengan rantai karbon C₇-C₁₁, fraksi kerosin-diesel dengan rantai karbon C₁₂-C₂₀ dan senyawa lainnya yang sebagian masih berupa asam lemak. Hasil Analisa gas Chromathography-Mass Spectrometry menunjukkan bahwa senyawa ini terdiri dari fraksi bensin, fraksi kerosin- diesel, asam lemak dan senyawa lainnya yang masih terbentuk.

3.2 Pengaruh Waktu

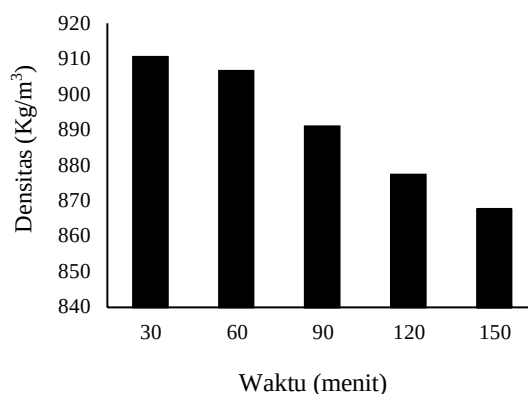
Waktu reaksi divariasikan 30 menit-150 menit. Variabel lain dibuat konstan pada konsentrasi katalis 5%. Produk hasil reaksi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Waktu Terhadap Persen Yield

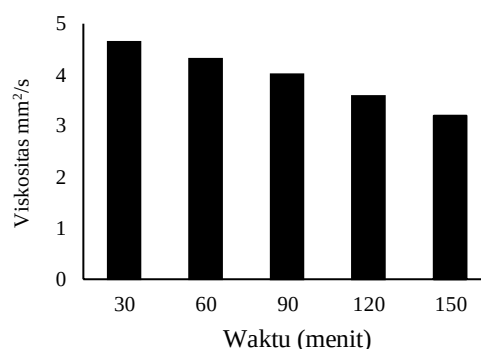
Pada Gambar 7 menunjukkan persentase *yield* cenderung meningkat pada waktu 30 menit dengan nilai terendah 2,914 % dan nilai % *Yield* tertinggi terjadi pada waktu 150 menit dengan nilai 5,254 %. Dapat dilihat bahwa semakin lama waktu reaksi lama *yield* yang dihasilkan semakin banyak karena semakin banyak minyak yang terkonversi (Mahfud, 2018). Hal tersebut terjadi karena reaksi pirolisis pada minyak jelantah

merupakan reaksi penguraian akibat adanya panas sehingga kemungkinan kontak antar zat semakin besar dan akan menghasilkan konversi yang besar (Kasrianti, 2017).



Gambar 8. Pengaruh Waktu Terhadap Densitas

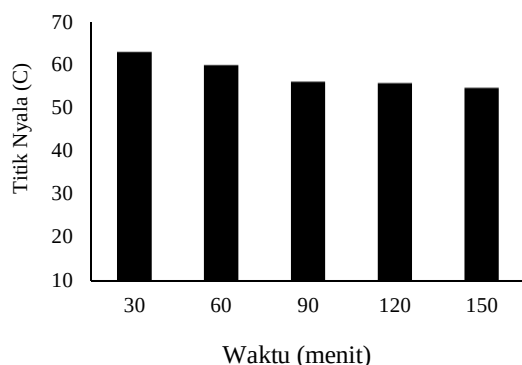
Gambar 8 menunjukkan bahwa variasi waktu pada densitas pada menit ke 30 menit dan 60 menit belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak Biodiesel sesuai SNI 7182-2015 dengan range 850-890 Kg/ml³ akan tetapi masuk kedalam spesifikasi Bahan Bakar Minyak Diesel di PT Pertamina dengan range 900-920 Kg/ml³, sedangkan pada waktu 90, 120, 150 menit telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak Biodiesel sesuai SNI 7182-2015 dengan range 850-890 Kg/ml³. Jika *biofuel* mempunyai densitas melebihi ketentuan, akan terjadi reaksi tidak sempurna pada konversi minyak nabati. *Biofuel* dengan mutu seperti ini seharusnya tidak digunakan untuk mesin diesel karena akan meningkatkan keausan mesin, emisi, dan menyebabkan kerusakan pada mesin. Standar SNI untuk densitas biodiesel adalah 850-890 kg/ml³ (Hassan, 2014).



Gambar 9. Pengaruh Waktu Terhadap Viskositas

Gambar 9 menunjukkan bahwa viskositas kinematik dengan menggunakan metode ASTM D4052. Pada waktu 30 menit didapatkan nilai viskositas 4,64 mm²/s dan viskositas yang rendah pada waktu 150 menit yaitu sebesar 3,20 mm²/s, sebab didapatkan hasil bahwa semakin lama waktu pada saat pemanasan maka

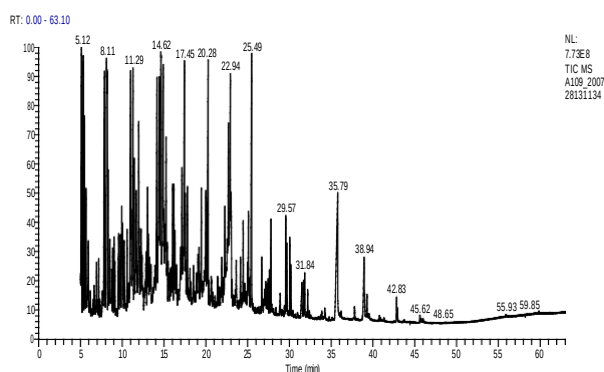
semakin tinggi viskositasnya hal ini dikarenakan gaya tarik menarik antar zat dalam bahan bakar cair semakin renggang (Tria, 2018). Didapat dari hasil rasio ini menunjukkan bahwa viskositas bahan bakar cair ini telah telah memenuhi Spesifikasi SNI Biodiesel 7182:2015 dimana kisaran nilainya yaitu 2,3 – 6,0 mm²/s.



Gambar 10. Pengaruh Waktu Terhadap Titik Nyala

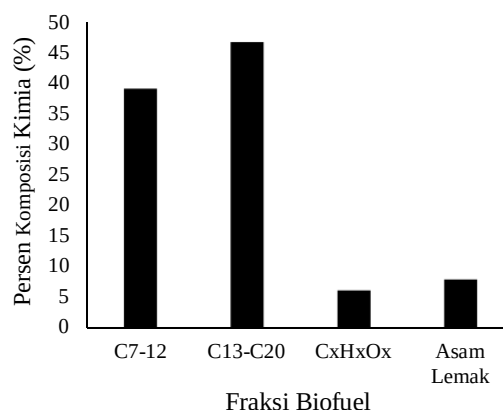
Gambar 10 menunjukkan bahwa semakin lama perengkahan maka Titik Nyala mengalami kenaikan. Pada waktu 150 C Titik Nyala yaitu sebesar 63,1 dan titik nyala terendah pada waktu 30 menit yaitu sebesar 54,8 . Semakin lama waktu saat pemanasan maka akan semakin rendah titik nyala karena pada suhu yang tinggi kandungan air pada minyak akan menguap. Semakin banyak kandungan air dalam minyak akan semakin banyak energi yang diserap bahan bakar untuk menguapkan air sehingga mengurangi jumlah panas yang tersedia dari pembakaran dan mempercepat proses pemadaman api (Subagjo, 2018). Pada analisa titik nyala ini didapatkan bahwa titik nyala bahan bakar cair belum memenuhi Spesifikasi SNI Biodiesel 7182:2015 dengan nilai minimum sebesar 100 . Tetapi telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak Solar sesuai SNI 8220:2017 yaitu minimal 52°C.

Gas Chromathography- Mass Spectrometry (GC-MS)



Gambar 11. Kromatogram Biofuel hasil Cracking

Analisis Gas Chromathography- Mass Spectrometry (GC-MS) produk hasil catalytic cracking dari minyak jelantah dilakukan bertujuan untuk mengetahui komposisi senyawa kimia yang terkandung di dalam produk yang dihasilkan. Pada penelitian ini analisa GC-MS dilakukan pada produk biofuel dengan yield tertinggi, yaitu pada menit 150.



Gambar 12. Fraksi dan Komposisi Biofuel

Gambar 12 menunjukkan bahwa hasil dari perengkahan pada Minyak Jelantah dengan menggunakan katalis zeolit dihasilkan senyawa karbon dengan jumlah karbon C₇ – C₁₁ sebanyak 39,15% ini termasuk dengan bahan bakar Gasoline. Selain itu jumlah rantai karbon C₁₂ –C₁₉ sebanyak 46,57 % termasuk bahan bakar Kerosen Diesel. Kandungan asam lemak dan senyawa lainnya (CxHxOx) yang masih terbentuk menjadi indikasi bahwa proses cracking masih belum berlangsung dengan cukup optimal.

3.3 Perbandingan Dengan Penelitian Terdahulu

Perolehan hasil biofuel dari minyak jelantah dapat melalui proses pirolisis dengan menggunakan katalis zeolite. Kualitas bahan bakar cair dapat diketahui melalui karakteristik fisik pada bahan bakar cair yaitu viskositas kinematik, densitas, dan titik nyala. Berikut merupakan tabel perbandingan dengan penelitian terdahulu yang terlihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Perbandingan hasil produksi bahan bakar cair didalam Reactor Batch dengan penelitian sebelumnya

Bahan Baku	Metode	Katalis	Produk Utama	Yield (%)	Titik Nyala (°C)	Densitas (Kg/m ³)	Viskositas (mm ² /s)	Referensi
Minyak Jelantah	Pirolisis	Zeolit	(C ₅ -C ₉) = 6.26 (C ₁₁ -C ₁₅)=17.6 (C ₁₅ -C ₂₀)=47.7	-	49	0,9631	5,34	Aziz (2019)
Minyak Jelantah	Pirolisis	Fly Ash	(C ₅ -C ₁₁) = 5.13 (C ₁₂ -C ₁₄) = 39 (C ₁₆ -C ₂₀)=52.8	87,59	78	-	6,13	Zahiratul (2019)
Minyak Jelantah	Pirolisis	Fly Ash	(C ₅ -C ₁₁) = 6.21 (C ₁₂ -C ₁₄)=16.1 (C ₁₆ -C ₂₀)=77.6	31,72	-	0,7930	4,23	Hazzamy (2017)
Lemak sapi	Pirolisis	MgO	(C ₇ -C ₁₀) = 0.7 (C ₁₂ -C ₁₆)=27.3 (C ₁₄ -C ₁₇)=64.5	41,53	56	0,8231	-	Riyadhi (2016)
Minyak Jelantah	Pirolisis	Zeolit Alam	C ₇ -C ₁₁ = 26,11 C ₁₂ -C ₂₀ = 37,88 C _x H _x O _x = 6,99	9,81	54,2	0,8357	4,26	Penelitian saat ini

Pada Tabel 1 dapat dilihat hasil dari konversi minyak jelantah menjadi bahan bakar cair 87,59% dengan kondisi operasi temperature 390°C selama 60 menit menghasilkan %yield yang lebih besar dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Hal ini dapat terjadi dikarenakan pada suhu yang tinggi dan waktu yang semakin lama maka akan semakin banyak rantai trigliserida yang terputus menjadi rantai pendek sehingga menaikkan nilai konversi nya. Pada beberapa kondisi perengkahan katalitik minyak jelantah akan menghasilkan persen yield yang lebih sedikit tergantung pada kondisi pengoperasian, seperti pada penelitian saat ini yield yang dihasilkan lebih sedikit karena proses pirolisis dioperasikan pada suhu yang lebih rendah dan waktu yang lebih singkat, walaupun pada kondisi operasi yang berbeda perengkahan katalitik tetap mampu menghasilkan bahan bakar cair sesuai standar SNI 7182-2015.

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Produksi Minyak Jelantah menjadi Bahan Bakar Cair (*Biofuel*) melalui proses *catalytic cracking* yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Temperatur reaksi pada produksi bahan bakar cair (*Biofuel*) sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak rantai trigliserida yang terkonversi, artinya semakin banyak produk yang dihasilkan.
2. Variasi reaksi waktu dapat mempengaruhi hasil produk, semakin lama waktu proses perengkahan maka akan semakin banyak rantai trigliserida yang akan terkonversi.

3. Dilihat dari beberapa parameter uji meliputi densitas, viskositas dan titik nyala telah diperoleh *Biofuel* yang sesuai dengan karakteristik SNI 7182-2015 dan SNI 8220:2017.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianus, 2013. *Optimasi Reaksi Perengkahan Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Zeolit/Nikel*. JKK vol. 2, No. 1.
- Aziz Isalmi, Muhammad, Nurbayti, Adhani, Permata. 2019. *Upgrading Crude Biodiesel dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis H-Zeolit*. Jurnal Kimia Valensi. Vol. 5, No.1.
- Buchori, L. 2016. *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Catalytic Cracking*. Skripsi Universitas Diponegoro
- Dyah S, Sukaryo. *Pengaruh Waktu Pemanasan Pada Pembuatan Biodiesel Dari Limbah Jeroan Ikan Menggunakan Microwave*. Skripsi Universitas Padjajaran Kampus Pangandaran
- Direktorat Bioenergi Direktorat Jenderal EBTKE. 2016. *Pedoman Investasi Bioenergi Di Indonesia*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Diakses pada Juli 2020.
- Gatot, Ida, Yelmida. 2014. *Perengkahan Katalitik Minyak Goreng Bekas Untuk Produksi Biofuel Menggunakan Katalis Ini/Zeolit*. Skripsi Universitas Riau.
- Hassan, F. 2014. *GAPKI Perikanan Produksi CPO Indonesia Tahun ini Tembus 28 Juta Ton*. Bogor: Jaring News Jakarta

- Hazzamy. 2017. *Pembuatan Biofuel Dari Minyak Goreng Bekas Melalui Proses Catalytic Cracking Dengan Katalis Fly Ash*. Skripsi Universitas Riau Kampus Binawidya.
- Kasrianti. 2017. *Potensi Pemanfaatan Limbah Biji Karet Sebagai Bahan Dasar Pembuatan Biokerosin*. Skripsi UIN Alauddin Makassar
- Mahfud. 2018. *Biodiesel:Perkembangan Bahan Baku & Teknologi*. Surabaya:CV Putra Media Nusantara (PMN).
- PP Republik Indonesia No. 79. 2014. *Kebijakan energi Nasional*. Direktorat Jenderal EBTKE. Jakarta. Diakses pada Juli 2020.
- Riyadhi. 2016. *Rancang Bangun Mini Reaktor Dan Uji Reaktor Pada Perengkahan Katalitik Lemak Sapi Menjadi Bahan Bakar Cair Menggunakan Katalis MgO Dan Zeolit*. Skripsi UIN Syarif Hidayatullah.
- Reno, Wiwiek. 2015. *Pengaruh Penggunaan Katalis Zeolit Alam Dalam Pirolisis Limbah Plastik Jenih HDPE Menjadi Bahan Bakar Cair Setara Bensin*. Jakarta: Skripsi Universitas Muhammadiyah Jakarta
- Shilvia, Agus, Haryanto, Triyono. 2014. *Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah..* Jurnal Teknik Pertanian Lampung, Vol.3, No.3
- SNI 7812:2015. 2015. *Syarat Mutu Biodiesel*. Balai Teknologi Bahan Bakar Dan Rekayasa Desain, Tangerang. Diakses pada Juli 2020.
- SNI 8220:2017. 2017. *Standar Dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Minyak Jenis Solar 48 Murni*. Badan Standarisasi Nasional, Bandung. Diakses pada Juli 2020.
- Subagjo. 2018. *Merintis kemandirian bangsa dalam teknologi katalis*. Orasi Ilmiah Guru Besar Insititut Teknologi Bandung.
- Tambun, Saptawaldi, Nasution, Gusti. 2016. *Pembuatan Biofel dari Palm Stearin dengan Proses Perengkahan Katalitik Menggunakan Katalis ZSM-5*. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan. Vol 11, No. 1, hal 46-52.
- Tria Y. 2018. *Catakytic Cracking Minyak Jarak Pagar (Jatropa Carcas L) Menggunakan Katalis Zeolit Alam*. Skripsi Universitas Islam Negeri Syarifhidayatullah.
- Yanisa, Albertas, Lesmono, Prihandono. 2018. *Kajian Pengaruh Suhu terhadap Viskositas Minyak goreng sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika*. Jember: Jurnal Pembelajaran Fisika, Vol.7, No.3.
- Zahiratul P. 2019. *Analisa penggunaan fly ash pada proses pirolisis berbahan baku minyak jelantah*. Jurnal Rekayasa Proses. Vol.12, No. 1.