

PENGOLAHAN LEMAK SAPI MENJADI *BIOFUEL* MENGGUNAKAN KATALIS *CALCIUM OXIDE*

Ida Febriana¹⁾, KA. Ridwan¹⁾, Surya Hatina²⁾, Sutini Pujiastuti¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Energi, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya

²⁾Jurusan Teknk Kimia, Universitas Taman Siswa Palembang

^{*}Correspondence email: ida.febriana@polsri.ac.id

Abstrak

Penelitian yang telah dilakukan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur optimum, dan waktu yang terbaik terhadap %yield dari pengolahan limbah lemak sapi menjadi bahan bakar cair *biofuel* dengan menggunakan katalis *calcium oxide* (CaO) dengan menggunakan proses *catalytic cracking*. *Biofuel* diproduksi menggunakan proses *catalytic crackcing* pada temperatur yang bervariasi mulai dari 300°C - 320°C. Lemak sapi sebanyak 1500 kg direaksikan menggunakan bantuan katalis CaO untuk mempercepat reaksi. Variabel tidak tetap yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengaruh temperatur dan waktu terhadap produk *biofuel* yang dihasilkan. Katalis yang digunakan adalah CaO sebanyak 5% serta pada waktu 60 menit. Pada temperatur 280°C % yield sebesar 4,8296% dan pada temperatur 320°C % yield terbesar yaitu 13,2621%, dan hasil analisa GC-MS menunjukkan diperolehnya fraksi gasolin sebesar 35,11%, dan fraksi diesel 44,88%.

Kata Kunci: Lemak sapi, *Biofuel*, *Calcium Oxide*

PENDAHULUAN

Pada saat ini jumlah penduduk kota Palembang tiap tahunnya mengalami peningkatan berdasarkan data Badan Pusat Statistik Kota Palembang (BPS Kota Palembang) yang tercatat dari tahun 2009-2018. Tahun 2009 jumlah penduduk kota Palembang sebesar 1.438.938 jiwa meningkat menjadi 1.643.488 jiwa sampai tahun 2018. Bertambahnya jumlah penduduk menjadi salah satu penyebab semakin meningkatnya jumlah kebutuhan sarana transportasi dan konsumsi bahan bakar cair. Menurut data Kominfo tahun 2018 kebutuhan bahan bakar minyak mencapai 1,6 juta barrel per hari, sehingga antara kebutuhan dengan produksi tidak seimbang. Untuk itu diperlukan adanya pengembangan sumber energi lain sebagai alternatif yang murah dan bisa diperbaharui guna mengurangi ketergantungan pada BBM. Apalagi dengan dikeluarkannya Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan Energi Nasional untuk mengembangkan sumber energi alternatif sebagai pengganti BBM dan Instruksi Presiden No.1 Tahun 2006 tanggal 25 Januari 2006 tentang penyediaan dan Pemanfaatan Bahan bakar Nabati atau Hewani (*Biofuel*) sebagai pengganti bahan bakar lain. Selain itu polusi akibat emisi pembakaran bahan bakar fosil ke lingkungan telah menjadi ancaman yang cukup serius. Pemakaian bahan bakar fosil memiliki dampak negatif bagi kesehatan.

Dalam mengalami krisis energi tersebut serta mengurangi dampak negatif bagi lingkungan, maka saat ini banyak peneliti melakukan penelitian untuk menemukan bahan bakar alternatif yang ramah akan lingkungan. *Biofuel* merupakan salah satu bahan bakar yang sumbernya berasal dari bahan organik yang juga energi non-fosil (Sutini dkk, 2020). Pengembangan produksi *biofuel* dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil serta penggunaannya lebih ramah

lingkungan. Produk yang dihasilkan berupa bahan bakar hayati dapat berupa biogasolin, biokerosin, dan biodiesel. Bahan bakar ini dapat berasal dari hewan, tumbuhan, ataupun sisa-sisa hasil pertanian.

Salah satu bahan baku dari pembuatan bahan bakar cair ini dapat dilakukan dengan menggunakan lemak hewani, seperti lemak sapi yang merupakan bahan baku yang murah dan mudah didapatkan sehingga dapat digunakan untuk produksi bahan bakar cair (Sutini dkk, 2020). Dari hasil observasi di RPH (rumah pemotongan hewan) di Gandus Palembang sekitar 18-20 ekor sapi yang dipotong dalam sehari, sedangkan banyaknya lemak sapi yang dihasilkan dari pemotongan satu ekor sapi sebanyak 12 kg sehingga sehari didapatkan lemak sapi sebanyak 240 kg. Sebagian dari lemak sapi tersebut digunakan untuk pakan ikan, namun masih banyak yang dibuang bahkan menjadi limbah di daerah tersebut. Penggunaan lemak sapi untuk pembuatan bahan bakar cair ini termasuk ekonomis karena lemak sapi yang di dapat dari RPH ini didapatkan secara gratis karna sudah menjadi limbah di RPH (rumah pemotongan hewan). Riyadhhi dan Syahrullah (2016) telah melakukan penelitian tentang rancang bangun reaktor *catalytic cracking* yang menghasilkan bahan bakar cair dengan menggunakan bahan baku lemak sapi dan katalis CaO yang menghasilkan produk berwarna kuning jernih serta menggunakan katalis MgO yang menghasilkan produk berwarna kecoklatan. Bahan bakar cair yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar setara dengan diesel/solar, kerosin, dan gasoline. Kelemahan pada penelitian Riyadhhi, 2016 ini adalah pada reaktor *catalytic cracking* yang dirancang tidak dilengkapi dengan indikator temperatur. Oleh sebab itu pada penelitian ini dilengkapi dengan indicator temperatur sebagai pengontrol suhu yang digunakan. Nakorn dari Chiang Mai University (2018) telah melakukan penelitian tentang bahan bakar cair menggunakan bahan baku lemak sapi dan katalis ZSM-5 mampu menghasilkan 35,8% kerosin dan 28,9 diesel, namun kelemahannya adalah pada temperatur yang rendah produk yang dihasilkan sedikit. Lawrence dari University of the Witwatersrand Afrika Selatan (2016) telah melakukan penelitian tentang Biofuel dengan proses pirolisis menggunakan bahan baku lemak sapi mampu menghasilkan bio-oil yield mengalami penurunan yaitu dari 82,78% menurun hingga 66,00 %. Oleh sebab itu, berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Riyadhi, 2016., Nakorn, 2018, dan Lawrence 2016), maka peneliti mengkaji pembuatan bahan bakar cair (*biofuel*) dengan bahan baku lemak sapi dilengkapi dengan indikator temperatur dan penggunaan variasi temperature yang cukup tinggi sekitar 300°C-320°C dengan metode *catalytic cracking* sehingga menghasilkan bahan bakar cair yang sesuai dengan karakteristik SNI 7182:2015.

Lemak dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu lemak jenuh dan lemak tak jenuh. Lemak yang tersusun oleh asam lemak tak jenuh akan bersifat cair pada suhu kamar, sedangkan asam lemak jenuh pada suhu kamar akan bersifat padat. Asam lemak jenuh akan memiliki titik cair lebih tinggi daripada asam lemak tak jenuh. Salah satu bahan baku dari pembuatan bahan bakar cair ini dapat dilakukan dengan menggunakan lemak sapi, dimana lemak sapi merupakan bahan baku yang murah dan mudah didapatkan sehingga dapat digunakan untuk produksi bahan bakar cair (Riyadhi dan Syahrullah, 2016). Lemak sapi mengandung asam stearat dan palmitat yang tinggi sehingga meningkatkan titik leleh dan viskositas serta menjadi padat ketika berada pada suhu ruang. Kandungan asam lemak jenuh pada lemak sapi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kandungan asam lemak jenuh

Asam Lemak	Struktur	%berat
Asam Kaprilat	C 10	0,0958
Asam Laurat	C 12	0,5516
Asam Miristat	C 14	8,7588
Asam Miristoleinat	C 14 : 1	0,8933
Asam Palmitat	C 16	33,8750
Asam Palmitoleat	C 16 : 1	2,3073
Asam Heptadekanoat	C17	1,2651
Asam Stearat	C 18	21,4603
Asam Oleat	C 18 : 1	29,5983
Asam Linoleat	C 18 : 2	0,8967
Asam α Linolenat	C 18 : 3	0,1163
Asam Arasidat	C 20	0,1754

(Sumber: Affandi, dkk., 2013)

Pembuatan biodiesel dari lemak sapi memiliki keuntungan yaitu, angka *cetane* tinggi, yang digunakan sebagai parameter kualitas minyak diesel. Jika dibandingkan dengan minyak jelantah, angka *cetane* pada *tallow* mencapai >60 akibat kadar asam lemak jenuh yang tinggi. Pirolisis atau yang sering disebut juga sebagai termolisis secara definisi adalah proses konversi dari suatu bahan organik dengan menambahkan aksi suhutinggi tanpa kehadiran udara (khususnya oksigen). Secara singkat pirolisis dapat diartikan sebagai pembakaran tanpa oksigen (Febriana, 2020). Proses pirolisis dapat disebut juga dengan proses perengkahan atau *cracking*, pada penelitian ini menggunakan metode *catalytic cracking*/perengkahan katalitik, dimana perengkahan katalitik adalah proses pemanasan dengan menggunakan tambahan katalis pada prosesnya (Riyadhi dan syahrullah, 2016). Pada umumnya proses pirolisis metode *catalytic cracking* berlangsung pada suhu diatas 300°C dalam waktu 4-7 jam. Namun, keadaan ini sangat bergantung pada bahan baku dan cara pembuatannya. Beberapa factor yang mempengaruhi proses pirolisis dengan metode *catalytic cracking* adalah sebagai berikut (Basu dalam Yolanda, 2018) :

1. Temperatur

Temperatur adalah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi proses pirolisis, semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai panjang dan sedang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi. Berdasarkan penelitian Tambun, dkk (2016), temperatur reaksi yang digunakan untuk proses pirolisis metode *catalytic cracking* yaitu padarange 400°C - 450°C.

2. Waktu reaksi

Waktu memiliki pengaruh pada proses pirolisis. Dalam kondisi vakum, waktu reaksi yang lama akan menyebabkan produk pirolisis menjadi gas karena semakin lama waktunya maka akan membuat hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Produk padatan juga akan semakin berkurang karena menguap jika waktunya reaksinya semakin lama.

Reaktor kimia merupakan suatu alat atau bejana yang didesain sebagai tempat terjadinya reaksi kimia untuk mengubah bahan baku menjadi produk. Proses didalam reactor ini menggunakan Proses *Batch*, dimana proses *batch* ini merupakan sebuah proses dimana semua reaktan dimasukkan bersamaan pada awal proses dan produk dikeluarkan pada akhir proses. Dalam proses ini, semua reaktan ditambahkan di awal proses dan tidak ada penambahan atau pengeluaran ketika proses berlangsung.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lemak sapi, CaO dari cangkang kerang darah, dan metanol. Lemak sapi diperoleh dari rumah potong hewan Gandus Palembang, Sumatera Selatan.

Metode

a. Pembuatan Katalis CaO dari cangkang kerang darah

Pembuatan katalis ini dimulai dengan tahap preparasi katalis kemudian di kalsinasi.

- Mencuci cangkang kerang darah hingga bersih dan menjemurnya sampai kering.
- Memasukkan Cangkang kerang darah kedalam furnace dan melakukan pemanasan dengan suhu 1000°C sampai waktu yang ditentukan.
- Melakukan penggerusan dan menyaring CaO dari cangkang kerang darah sesuai ukuran yang diinginkan.
- Melarutkan CaO kedalam metanol yang telah ditimbang.
- Melakukan pengadukan pada larutan hingga tercampur rata.

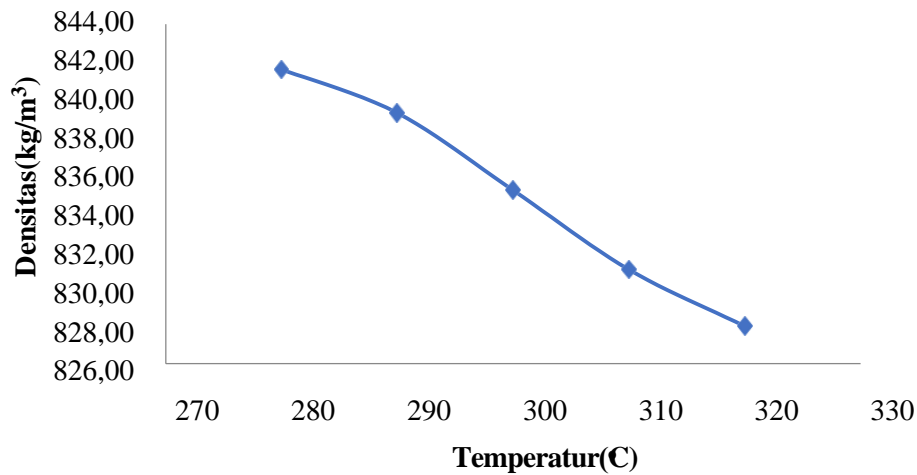
b. Pembuatan Biofuel

Penelitian ini dimulai dengan tahap preparasi katalis CaO berbentuk serbuk kemudian dikalsinasi. Proses pirolisis 1500 gr lemak sapi menggunakan katalis CaO 5% dan methanol dengan variasi temperatur 280°C - 320°C dan waktu 60-140 menit. Analisis produk bahan bakar cair meliputi analisis fisik (densitas metode ASTM D-1298, viskositas *Hoppler* metode bola jatuh, dan titik nyala metode ASTM D93), analisis % yield serta analisis senyawa kimia menggunakan instrumen GC-MS *Thermo Scientific Tracegold* TG-5MS Column, panjang 40 meter, diameter 0,25 mm, dan ketebalan film 0,25 mm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Densitas Bahan Bakar Cair

Densitas atau berat jenis adalah massa per satuan volume dari suatu cairan. Densitas atau berat jenis ini merupakan salah satu sifat fisik yang dapat dijadikan indikasi dalam mengetahui jenis produk atau senyawa tertentu. Grafik hubungan variasi temperature terhadap densitas produk yang dihasilkan dapat dilihat sebagai berikut :

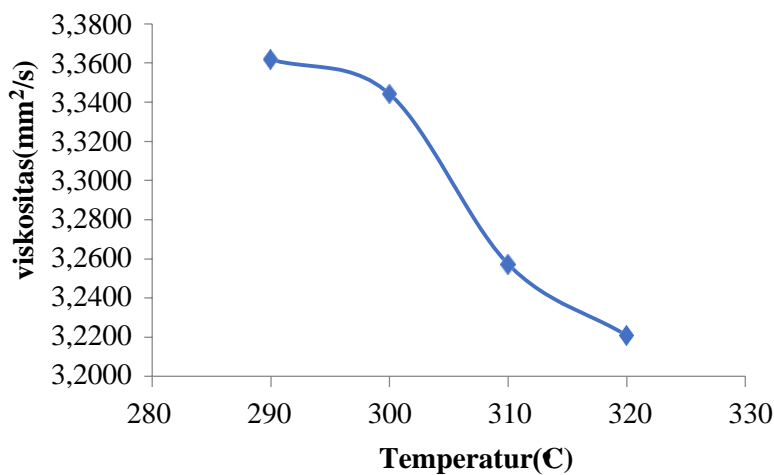


Gambar 1. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Densitas

Berdasarkan gambar 1 dapat dilihat densitas bahan bakar cair dari ke lima variasi temperatur ini memiliki nilai yang berbeda-beda, dimana semakin tinggi temperatur maka densitas bahan bakar cair akan semakin rendah, Menurut Febriana (2020) teori densitas menjelaskan bahwa densitas berbanding terbalik dengan temperatur sehingga semakin tinggi temperature suatu zat maka akan semakin kecil densitas zat tersebut, dan semakin tinggi temperatur zat tersebut semakin bertambah juga volume zat tersebut.

Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Viskositas berhubungan dengan gaya gesek yang terjadi antar lapisan-lapisan yang bersebelahan di dalam fluida. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi viskositas fluida, salah satunya adalah temperatur. Viskositas berbanding terbalik dengan temperatur. Jika temperature naik maka viskositas akan mengalami penurunan. Grafik hubungan variasi temperatur terhadap viskositas yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2.

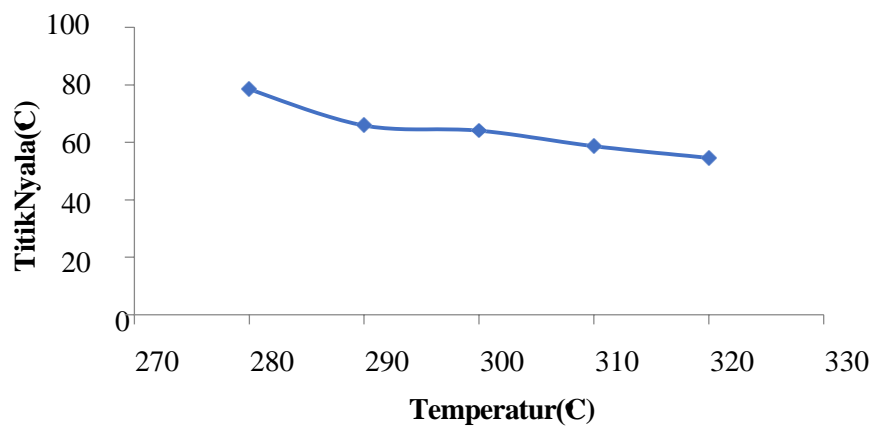


Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Viskositas

Menurut Damayanti (2018) besarnya viskositas suatu zat cair berbanding lurus dengan nilai densitas, karena setelah mengalami peningkatan temperature maka kohesi molekuler bahan bakar cair berkurang sehingga menyebabkan molekul yang awalnya berjarak rapat akan berubah menjadi lebih renggang dan ketika uji viskositas bola dengan mudahnya melewati bahan bakar cair.

Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Titik Nyala Bahan Bakar Cair

Titik nyala (*Flash Point*) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala apabila terkena percikan api. Pengukuran titik nyala ini dilakukan menggunakan *Flash Point Tester*. Titik nyala (*Flash Point*) merupakan faktor yang sangat penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Grafik hubungan variasi temperatur terhadap titik nyala produk yang dihasilkan dapat digambarkan sebagai berikut :

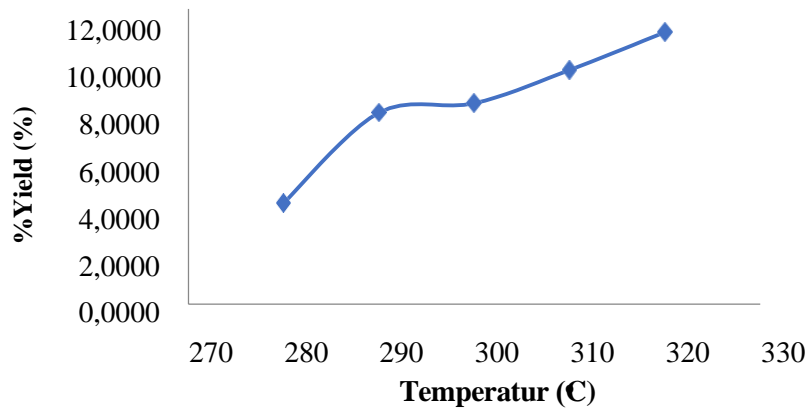


Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Titik Nyala

Dari Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa titik nyala tertinggi pada temperature 280°C yaitu 79,6°C, sedangkan titik nyala terendah pada temperature 320°C yaitu 55,8°C. Pada temperature 290°C – 300°C titik nyala mengalami penurunan namun tidak signifikan dari 65,9°C – 64,1°C, hal ini terjadi karena kandungan air dalam bahan bakar cair, semakin tinggi temperatur maka kandungan air dalam bahan bakar cair semakin sedikit dan menyebabkan titik nyala semakin rendah, perbedaan temperatur yang tidak terlalu jauh dengan *range* temperature pada proses pirolisis ini yaitu hanya 10°C sehingga perbedaan kandungan air pun tidak signifikan. Menurut Kuntaarsa (2019) bahwa dengan titik nyala yang relatif rendah akan semakin mudah untuk terbakar, namun jika titik nyala terlalu rendah akan mempersulit dalam proses penyimpanan.

Hubungan Variasi Temperatur Terhadap % Yield Bahan Bakar Cair

Persentase *yield* merupakan perbandingan antara massa produk yang dihasilkan dengan massa bahan baku. Persentase *yield* yang dihitung adalah jumlah bahan bakar cair terhadap jumlah lemak sapi yang diumpangkan. % *yield* ini dapat mewakili konversi sehingga dengan menjadikan *yield* sebagai parameter telah mewakili tujuan dari penelitian ini. Grafik hubungan pengaruh temperature terhadap % *Yield* bahan bakar yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.

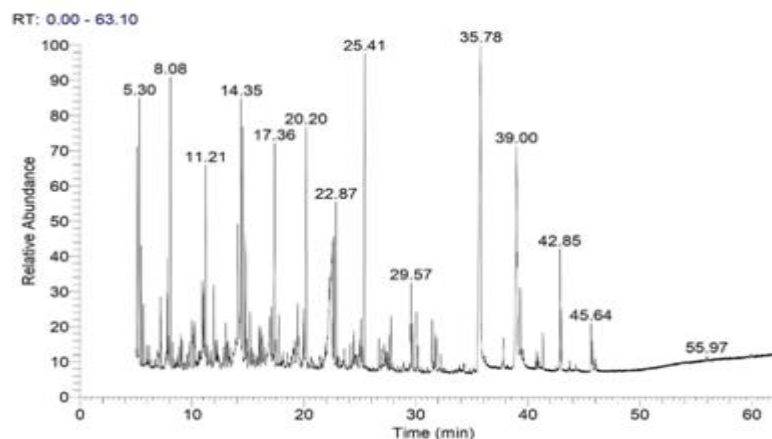


Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Persen *Yield*

Dari Gambar 4 dapat diamati bahwa Persentase *yield* yang diperoleh dari penelitian ini berbanding lurus dengan temperatur. Persen *yield* akan meningkat dengan meningkatnya temperature menandakan bahwa reaksi pirolisis pada lemak sapi bersifat endotermis atau reaksi yang membutuhkan panas. Hal ini disebabkan karena reaksi pirolisis pada *tallow* merupakan reaksi penguraian akibat adanya panas sehingga kemungkinan kontak antar zat semakin besar dan akan menghasilkan konversi yang besar. Menurut Maulina dan Putri (2017) semakin tinggi temperatur menyebabkan % *yield* mengalami peningkatan, ini terjadi karena pada temperatur yang tinggi dekomposisi bahan baku akan lebih sempurna sehingga % *yield* bahan bakar cair yang dihasilkan lebih tinggi pula, ini sesuai dengan teori Arrhenius bahwa semakin tinggi temperatur pirolisis, maka konstanta kecepatan reaksi juga semakin besar sehingga *yield* produk yang dihasilkan semakin tinggi untuk waktu reaksi yang sama.

Hasil Analisa GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan untuk menentukan harga persentase dan komposisi unsur-unsur hidrokarbon yang terkandung dalam produk bahan bakar cair yang didapatkan dari proses perengkahan katalitik lemak sapi. Hasil analisis GC-MS untuk produk berdasarkan %*yield* tertinggi yaitu pada temperatur 320°C, lama waktu perengkahan 80 menit dan berat katalis 5% dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kromatogram Produk Bahan Bakar Cair

Berdasarkan grafik 5 menunjukkan bahwa komponen yang terdapat pada *biofuel* yang dihasilkan yaitu senyawa alkana cair yang berupa fraksi bensin (gasolin) dengan rantai karbon C₇-C₁₁, fraksi diesel dengan rantai karbon C₁₂-C₂₀ dan senyawa lainnya yang sebagian masih berupa asam lemak. Hasil Analisa gas Chromathography-MassSpectrometry menunjukkan bahwa senyawa ini terdiri dari fraksi gasoline yang terbentuk dengan luas area sebesar 35,11%, fraksi diesel dengan luas area terbesar yakni senilai 44,88%, adanya kandungan gasoline (C₇-C₁₁) terjadinya karena adanya reaksi perengkahan yang terus berlanjut sehingga mengubah senyawa dengan karbon rantai panjang menjadi fraksi-fraksi yang lebih ringan. Selain itu juga terdapat kandungan asam palmitat didalam lemak sapi yang menyebabkan senyawa tersebut berubah menjadi rantai karbon lebih pendek pada saat *catalytic cracking*. Hal tersebut sesuai dengan Penelitian Riyadhi dan Syahrullah (2016) yang menyatakan bahwa perengkahan katalitik lemak sapi menghasilkan fraksi gasoline, kerosine dan diesel, dihasilkan senyawa karbon dengan jumlah karbon C₇ – C₁₁ yang merupakan fraksi gasoline sebanyak 17,85 % sedangkan C₁₂-C₁₉ yang merupakan kerosine/diesel sebanyak 82,15%.

KESIMPULAN

- Temperatur reaksi pada produksi bahan bakar cair (*Biofuel*) sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi suhu maka akan semakin banyak rantai trigliserida yang terkonversi, artinya semakin banyak produk yang didapatkan.
- Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kondisi optimum operasi yakni pada temperatur 320°C, yang ditandai dengan dihasilkannya produk dengan persen yield terbesar yakni 13,2621%. Dengan hasil analisa GC-MS yang menunjukkan diperolehnya fraksi gasolin sebesar 35,11%, dan fraksi diesel 44,88%.
- Hasil yang diperoleh densitas pada 60 menit belum memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak Biodiesel sesuai SNI 7182-2015 dengan range 817-840 Kg/ml³ akan tetapi masuk ke dalam spesifikasi Bahan Bakar Minyak Diesel di PT Pertamina dengan range 900-920 Kg/ml³.
- Hasil yang diperoleh pada analisa Titik Nyala adalah 79,6°C – 55,8°C Pada analisa titik nyala ini didapatkan bahwa titik nyala bahan bakar cair belum memenuhi Spesifikasi SNI Biodiesel 7182:2015 dengan minimal titik nyala sebesar 100°C. Tetapi telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) minyak Solar sesuai SNI 8220:2017 yaitu minimal 52 °C.
- Hasil yang diperoleh pada analisa viskositas 3,36 mm²/s – 3,21 mm²/s hasil rasio ini menunjukkan bahwa viskositas bahan bakar cair ini telah memenuhi Spesifikasi SNI Biodiesel 7182:2015 dimana rangenya adalah 2,3 – 6,0 mm²/s.
- Presentase yield pada pembuatan bahan bakar cair (*biofuel*) dari lemak sapi menggunakan proses *catalytic cracking* dengan katalis CaO mendapatkan hasil % yield maksimum pada waktu 60 menit sebesar 13,2621% dengan temperature proses 320°C.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L. 2020. *Analisis Efektivitas Katalis Fe/Zeolit pada Cracking Minyak Jelantah Dalam Pembuatan Biodiesel*. PENDIPA Journal of Science Education.
- Aziz, Muhammad, dkk. 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*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Damayanti, Y., Lesmono, A.D, dan Prihandono, T. 2018. *Kajian Pengaruh Suhu Terhadap Viskositas Minyak Goreng Sebagai Rancangan Bahan Ajar Petunjuk Praktikum Fisika*. Jurnal Pembelajaran Fisika. Vol. 7, No.3. Hal 307-314. Jember:Universitas Jember.
- Devita, Liza. 2015. *Biodiesel sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif*. Jurnal Agrica Ekstensia. Vol. 9, No.2.
- Kuntaarsa, Abdullah. 2019. *Tinjauan Titik Nyala dari Pembuatan Bio-Oil dari Pirolisis kayu pinus dengan katalisator zeolit alam*. Simposium nasional RAPI XVIII. Hal 1412-9612.
- Gatot, Ida, dkk. 2014. *Perengkahan Katalitik Minyak Goreng Bekas Untuk Produksi Biofuel Menggunakan Katalis Ini/Zeolit*. Jurnal Online Mahasiswa UNRI. Vol. 1, No.1.
- I, Febriana., Ridwan. KA., Aneasari., Jauhari. T., 2020. *Study of The Effect of Calcium Oxide (CaO) Derived From Blood Clam (Andara Granosa) and Reaction Time To Quality Of Biodiesel From Wasted Cooking Oil*. Prosiding First. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Nakorn, T. dan Thapanapong, K, 2018. *Light Liquid Fuel Catalytic Cracking Beef Tallow With ZSM5*. *International Journal of Renewable Energy Research*. Vol.8,No.1. Chiang Mai:Chiang Mai University.
- Maulina.S. dan Putri.F.S. 2017. *Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar Air Bahan Baku terhadap Pirolisis Serbuk Pelepah Kelapa Sawait*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 6, No. 2. Medan:USU
- Prasetyo, J. 2018. *Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel*. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*. Vol. 2, No.2.
- Riyadhi, A., dan Syahrullah. 2016. *Rancang Bangun Mini Reaktor dan Uji Reaktor pada Perengkahan Katalitik Lemak Sapi Menjadi Bahan Bakar Cair Menggunakan Katalis MgO dan Zeolit*. *Integrated Lab Journal*.Vol. 04, No. 02. Jakarta:UIN Syarif Hidayatullah.
- Rosmawati et al. 2019. *The Effect of H-USY catalyst In Catalytic Cracking of Waste Cooking Oil To Produce Biofuel*. Unsri : Indonesia Journal Of Fundamental and Applied Chemistry
- Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. 2019. *Indonesia Energi Outlook 2019*.
- Suirta W. 2009. *Preparasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Kelapa Sawit*. Jurnal Kimia. Vol 3, No.1
- Sutini. P.L., I. Febriana., Safitri. Widi., 2020. *Produksi Bahan Bakar Cair dari Lemak Sapi Menggunakan Reactor Batch Ditinjau Dari Variasi Temperatur Terhadap Produk*. Kinetika Jurnal. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Yolanda, T. 2018. *Catalytic Cracking Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L) Menggunakan Katalis Zeolit Alam*. Skripsi. Banten:UIN Syarif Hidayatullah