

PRODUKSI BAHAN BAKAR CAIR DARI LEMAK SAPI MENGGUNAKAN KATALIS ZEOLIT DENGAN METODE PIROLISIS

LIQUID FUEL PRODUCTION FROM BEEF TALLOW USING THE ZEOLITE CATALYST WITH PYROLISIS METHOD

Sutini Pujiastuti Lestari*¹, Arizal Aswan, Sahrul Effendy, Ida Febriana,
Safira Eva Ramadhana S,Widi Safitri, Bekka Alta Shaskia

¹ (Teknik Energi / Teknik Kimia, Politeknik Negeri Sriwijaya)

Jl Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139, +62711353414 / +62711355918
e-mail :¹Sutini.pujiastutil@gmail.com,³safirasalsabila1501@gmail.com

ABSTRACT

Beef tallow is structurally a monoalkyl ester of long chain fatty acids similar to vegetable oil which are widely used as raw materials for biofuel production. The processing of beef tallow into liquid fuel is from pyrolysis process of the catalytic cracking method with 1%w/w and 5% natural zeolite catalyst. The purpose of this research is to get the best operating condition that produce the largest %yield of liquid fuel with temperature range 280-320°C and time range 60-140 minutes. The result shown that the optimum temperature is 320°C using 5% catalyst with product yield of 12.4206 %. The optimum time operation is 100 Minutes using 5% catalyst with product yield 11.51% Also the best operating condition using 1% catalyst are at temperature of 320°C and 60 minutes with 11.86% of yield. Physical character from this research are density, kinematic viscosity, and flash point shown that liquid fuel product obtain solar. Chemical compound in liquid fuel of this research are 18.26% of gasoline fraction (C₇-C₁₁) and 41.33% of kerosene/diesel (C₁₂-C₁₉) for 1% catalyst and 40.67% of gasoline fraction (C₇-C₁₁) and 47.11% of kerosene/diesel (C₁₂-C₁₉) for 5% catalyst.

Key words: Beef Tallow, catalytic cracking, zeolite, liquid fuel.

1. PENDAHULUAN

Saat ini jumlah sumber energi fosil semakin hari semakin berkurang hal ini menyebabkan perlu dilakukan pengembangan energi terbarukan dengan memanfaatkannya dari alam. *Biofuel* adalah salah satu bahan bakar yang sumbernya berasal dari bahan organik yang juga energi non-fossil (Yolanda, 2018). 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.

Salah satu bahan baku pembuatan bahan bakar cair iniyaitu menggunakan lemak hewani, seperti lemak sapi. *Tallow* atau lemak sapi adalah produk samping dari rumah potong hewan yang memiliki kesamaan struktur dengan lemak nabati sehingga dapat dijadikan bahan baku untuk memproduksi biodiesel. (Yektadkk., 2013)

Pemanfaatan minyak nabati dan lemak hewan karena kandungan utamanya yaitu trigliserida dapat dilakukan melalui proses perengkahan katalitik (Maher dkk., 2007). Beberapa penelitian tentang pembuatan bahan bakar cair dari lemak hewan terutama lemak sapi banyak dilakukan diantaranya adalah penelitian Nakorn

dan Thapanapong (2018) yang menyatakan bahwa perengkahan katalitik lemak sapi menghasilkan fraksi gasoline, kerosene, dan diesel dengan komposisi terbesar yaitu fraksi kerosene dan diesel sebesar 64,7%. Berdasarkan penelitian Riyadhi dan Syahrullah (2016) menunjukkan bahwa produk hasil perengkahan katalitik lemak sapi mengandung fraksi gasoline sebesar 17,25% dan fraksi kerosene/diesel sebesar 82,75%.

Perengkahan dapat disebut juga sebagai pirolisis. Salah satu metode untuk mengubah *tallow* menjadi bahan bakar cair adalah perengkahan katalitik yang merupakan proses pemanasan dengan menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi. Pada proses perengkahan atau pirolisis senyawa rantai panjang tidak jenuh dengan molekul besar akan dipecah menjadi senyawa dengan rantai yang lebih pendek seperti gasoline, kerosin serta diesel dengan menggunakan katalis (Yolanda, 2018).

Katalis adalah zat yang dapat mempercepat dan mengarahkan reaksi. Subagio (2018) menyatakan bahwa dengan adanya katalis, reaksi dapat berlangsung pada kondisi yang lebih lunak (temperatur dan tekanan rendah) dengan laju selektifitas yang tinggi. Katalis yang banyak digunakan dalam proses pirolisis yaitu katalis heterogen. Pada proses pembuatan bahan bakar

cair dari lemak sapi, katalis yang digunakan adalah Zeolit alam.

Zeolit alam adalah zeolit yang diperoleh langsung dari alam. Terbentuknya zeolit alam disebabkan karena terjadinya proses kimia dan fisika pada batuan di alam. Katalis ini baik digunakan pada temperatur tinggi selama proses pirolisis yaitu 300 °C – 500 °C. Zeolit alam dapat digunakan sebagai katalis asam amorf yang mengandung asam Bronsted dan Lewis. Tersedianya pusat aktif dan system pori zeolit merupakan alasan zeolit digunakan sebagai katalis pirolisis, zeolit berfungsi sebagai katalis asam karena ionnya dapat ditukarkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan karakteristik dari produk bahan bakar cair dan menganalisa pengaruh temperatur dan waktu terhadap volume produk bahan bakar cair yang dihasilkan dari pirolisis lemak sapi.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah lemak sapi, zeolite alam, dan larutan HCL Pro Analisis Merck. Lemak sapi diperoleh dari rumah potong hewan Gandus Palembang, Sumatera Selatan.

2.2 Metode

Penelitian ini dimulai dengan tahap preparasi katalis zeolit alam. Zeolit alam berbentuk butiran dihaluskan terlebih dahulu kemudian diaktivasi dengan menggunakan larutan HCL 1M. zeolite alam dengan ukuran 200 mesh direndam dengan HCL 1M selama 4 jam. Kemudian dicuci dengan Aquades hingga pH netral. Zeolite alam selanjutnya dikalsinasi pada suhu 300°C selama 3 jam.

Proses pirolisis 500 gr lemak sapi menggunakan katalis zeolit 5% dengan variasi temperatur 280°C-320°C dan waktu 60-140 menit, serta dengan katalis 1 % dengan variasi temperatur 280°C-300°C selama 60-100 menit. Analisis produk bahan bakar cair meliputi analisis fisik (densitas metode ASTM D-1298, viskositas 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.

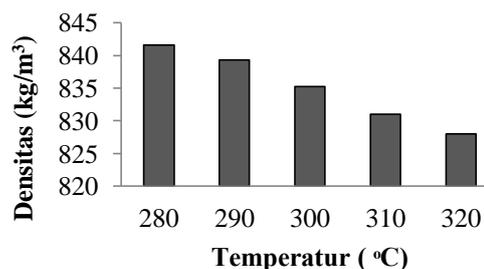
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengaruh Temperatur dengan Katalis 5% Terhadap Produk yang Dihasilkan

3.1.1 Densitas Produk

Densitas atau berat jenis ini adalah salah satu sifat fisik yang dapat dijadikan indikasi dalam mengetahui jenis produk atau senyawa tertentu.

Grafik hubungan variasi Temperatur terhadap Densitas produk yang digambarkan sebagai berikut :



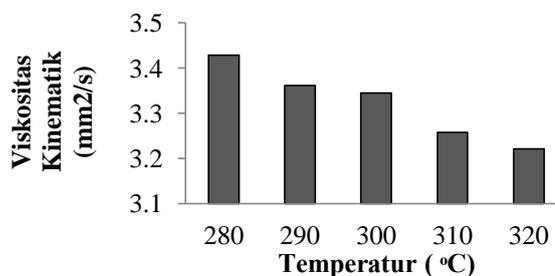
Gambar 1. Grafik Hubungan Variasi Temperatur terhadap Densitas

Berdasarkan Gambar 1 dapat dilihat densitas bahan bakar cair dari kelima variasi temperatur ini memiliki nilai yang berbeda, dimana semakin meningkat Temperatur maka Densitas bahan bakar cair akan semakin menurun, Menurut Widysanti (2017) teori densitas menjelaskan bahwa densitas berbanding terbalik dengan Temperatur sehingga semakin meningkat temperatur suatu zat maka akan semakin menurun densitas zat tersebut, dan semakin meningkat temperatur zat tersebut semakin meningkat juga volume zat tersebut.

Menurut Sinaga (2014) densitas semakin rendah terjadi karena semakin meningkatnya temperatur operasi, maka rantai karbon akan semakin pendek dan ikatan rangkap semakin sedikit sehingga densitas akan semakin turun.

3.1.2 Viskositas Produk

Viskositas adalah nilai kekentalan dari suatu fluida. Salah satu faktor yang mempengaruhi viskositas fluida yaitu adalah temperatur. Viskositas berbanding terbalik dengan temperatur. Jika temperatur mengalami kenaikan maka viskositas akan mengalami penurunan. Grafik hubungan variasi Temperatur terhadap Viskositas dapat dilihat pada Gambar dibawah ini :



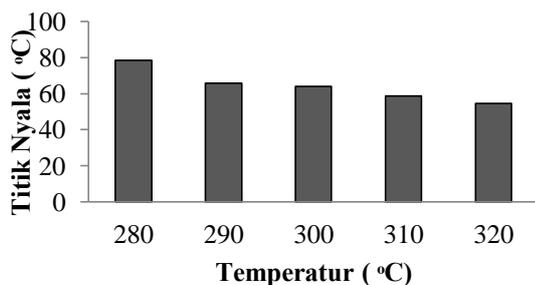
Gambar 2. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Viskositas

Pada Gambar 2 didapatkan hasil bahwa semakin tinggi temperatur maka viskositasnya akan semakin rendah. Hal ini disebabkan adanya gerakan partikel-partikel cairan yang semakin cepat apabila temperatur ditingkatkan sehingga menurunkan kekentalannya.

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

3.1.3 Titik Nyala Produk

Titik nyala (*Flash Point*) adalah faktor yang sangat penting untuk keamanan terhadap bahaya kebakaran. Grafik hubungan variasi temperatur Terhadap Titik Nyala yang digambarkan sebagai berikut :



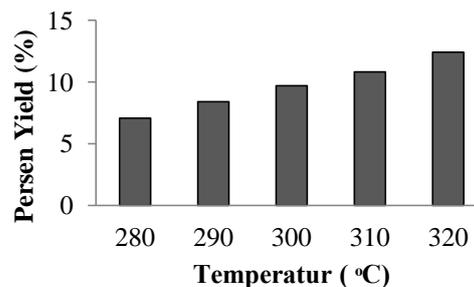
Gambar 3. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap Titik Nyala

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa Titik nyala mengalami Penurunan, dimana semakin meningkat temperatur maka semakin rendah titik nyala. 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. Menurut Nasrun (2014) ini sesuai teori titik nyala bahwa Semakin tinggi temperatur maka kandungan air didalam minyak semakin sedikit sehingga api semakin cepat akan menyambar ketika disulut api dan titik nyala yang didapatkan akan semakin kecil.

Menurut Kuntaarsa (2019) bahwa dengan titik nyala yang relatif rendah akan semakin mudah untuk terbakar, namun jika titik nyala terlalu rendah akan mempersulit dalam penyimpanan.

3.1.4 % Yield Produk

Persentase *yield* adalah nilai perbandingan antara massa produk yang dihasilkan dengan massa bahan baku. Persentase *yield* yang dihitung adalah jumlah bahan bakar cair terhadap jumlah lemak sapi yang diumpankan. % *yield* ini dapat mewakili konversi sehingga dengan menjadikan *yield* sebagai parameter telah mewakili tujuan dari penelitian ini. Grafik hubungan Pengaruh Temperatur Terhadap % *Yield*. Grafik hubungan tersebut dapat di lihat pada Gambar 4 berikut :



Gambar 4. Grafik Hubungan Variasi Temperatur Terhadap % *yield*

Pada Gambar 4 dapat diamati bahwa Persentase *yield* yang diperoleh dari penelitian ini berbanding lurus dengan temperatur. Hal ini dikarenakan dengan meningkatnya temperatur, maka semakin banyak ikatan yang terputus sehingga produk semakin banyak, sehingga *yield* juga meningkat.

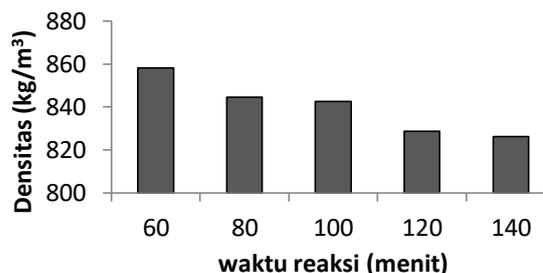
Menurut Kuntaarsa (2019) menyatakan bahwa persen *yield* akan meningkat dengan meningkatnya temperatur menandakan bahwa reaksi pirolisis pada lemak sapi bersifat endotermis atau reaksi yang membutuhkan panas. Hal ini disebabkan karena reaksi pirolisis pada *tallow* merupakan reaksi penguraian akibat adanya panas sehingga kemungkinan kontak antar zat semakin besar dan akan menghasilkan konversi yang besar.

Selain itu, 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.

3.2 Pengaruh Waktu Reaksi dengan Katalis 5% Terhadap Produk yang Dihasilkan

3.2.1 Densitas Produk

Grafik hubungan antara pengaruh waktu reaksi terhadap densitas terlihat pada Gambar 5

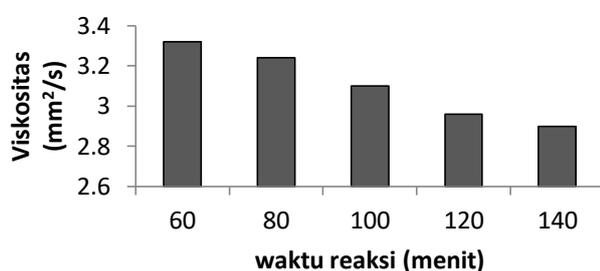


Gambar 5. Grafik Hubungan Waktu terhadap Densitas

Gambar 5 menunjukkan pengaruh waktu perengkahan terhadap densitas bahan bakar cair yang dihasilkan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, densitas bahan bakar cair yang dihasilkan semakin rendah seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini merupakan salah satu parameter yang menandakan bahwa telah terjadinya perengkahan yang mengakibatkan rantai karbon menjadi lebih pendek, sehingga terjadi penurunan densitas. Menurut Yolanda (2018), menurunnya densitas disebabkan karena dengan memanjangkan waktu reaksi perengkahan, menyebabkan semakin banyaknya jumlah tumbukan yang terjadi antara molekul reaktan dengan permukaan katalis yang memungkinkan terjadinya peningkatan reaksi pemutusan rantai karbon sehingga dihasilkan senyawa dengan berat molekul yang semakin kecil.

3.2.2 Viskositas Produk

Grafik hubungan antara pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas dapat pada Gambar 6



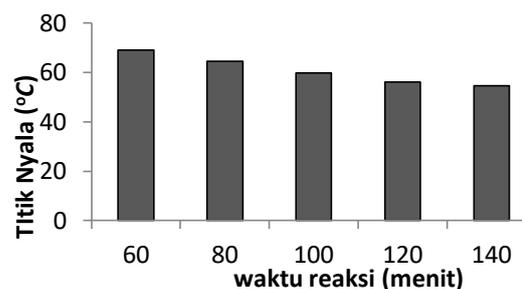
Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu Terhadap Viskositas

Gambar 6 merupakan grafik dari pengaruh waktu reaksi terhadap viskositas kinematik bahan bakar cair yang dihasilkan. Viskositas kinematik bahan bakar cair mengalami penurunan seiring dengan kenaikan waktu reaksi. Hal ini selaras dengan hasil uji densitas produk reaksi perengkahan dan pendapat menurut Damayanti (2018) yang menyatakan bahwa terjadinya peningkatan viskositas suatu fluida diikuti dengan peningkatan densitas fluida tersebut. Nilai viskositas yang semakin besar pada produk reaksi perengkahan juga dipengaruhi oleh deposit karbon, sebab deposit karbon menyebabkan hambatan aliran fluida pada viskometer yang menyebabkan penunjukan viskometernya semakin besar (Murti dan Elfi, 2017).

3.2.3 Titik Nyala Produk

Titik nyala merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar. Titik nyala yang tinggi membuat bahan bakar yang dihasilkan lebih mudah dalam penanganan bahan bakar, karena bahan bakar tidak perlu disimpan pada suhu rendah.

Hubungan antara waktu perengkahan terhadap titik nyala pada bahan bakar minyak yang dihasilkan dapat dilihat dalam Gambar 7.

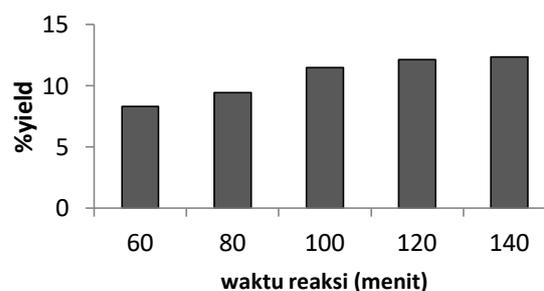


Gambar 7. Grafik Hubungan Waktu terhadap Titik Nyala

Gambar 7 di atas menunjukkan bahwa bahan bakar cair yang dihasilkan mempunyai titik nyala yang menurun seiring dengan bertambahnya waktu reaksi. Hal ini dikarenakan semakin lamanya proses perengkahan bereaksi pada suhu tinggi, maka semakin cepat pula api menyambar ketika disulut karena dipengaruhi oleh kadar air dalam minyak yang sedikit menyebabkan titik nyala akan semakin rendah. Menurut Nasrun (2016), lamanya proses perengkahan pada suhu tinggi akan menyebabkan semakin sedikitnya kandungan air dalam minyak tersebut sehingga api cepat menyambar dan titik nyala yang diperoleh semakin kecil. Sama halnya dengan parameter lainnya, waktu reaksi yang semakin bertambah mengakibatkan rantai hidrokarbon yang awalnya panjang menjadi semakin pendek dan mengakibatkan minyak mudah untuk menyala atau terbakar pada temperatur rendah.

3.2.4 Persentase Yield yang Dihasilkan

Persentase *yield* merupakan perbandingan antara massa produk yang dihasilkan dengan massa bahan baku. Persentase *yield* yang dihitung adalah jumlah produk bahan bakar cair terhadap jumlah lemak sapi yang diumpangkan. Hubungan antara pengaruh waktu reaksi terhadap %yield dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan Waktu terhadap % Yield

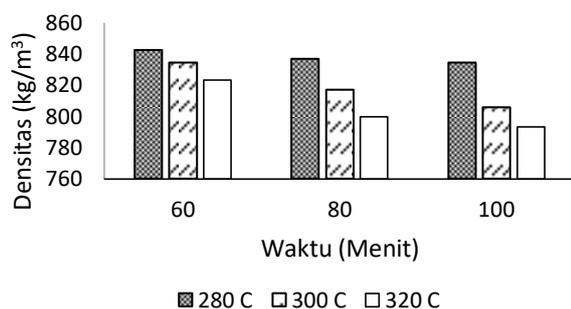
Berdasarkan Gambar 8, menunjukkan bahwa bertambahnya waktu reaksi dapat mempengaruhi banyaknya produk bahan bakar cair yang dihasilkan. Persentase *yield* yang diperoleh dari penelitian ini berbanding lurus dengan waktu reaksi. Hal ini disebabkan karena dengan memanjangkan waktu reaksi, kesempatan molekul untuk bereaksi akan semakin banyak sehingga produk yang dihasilkan akan bertambah. Menurut Handono (2017), semakin lama waktu pirolisis yang terjadi maka semakin banyak pula bahan bakar cair yang akan didapat.

Tetapi pada waktu 120 menit, produk yang dihasilkan tidak banyak bertambah. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu reaksi, maka akan semakin banyak pula katalis yang akan mengalami deaktivasi, dimana deaktivasi ini diakibatkan oleh pengotor (*fouling*), yaitu pembentukan karbon dalam proses perengkahan. Sedikitnya peningkatan jumlah produk yang dihasilkan juga disebabkan karena perengkahan suhu tinggi pada waktu yang lebih lama, mengakibatkan gas yang tidak terkondensasi akan semakin banyak. Sehingga berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penambahan waktu di atas 100 menit dengan katalis 5% akan hanya sedikit mempengaruhi banyaknya produk yang dihasilkan.

3.3 Pengaruh Temperatur dan Waktu Reaksi dengan Katalis 1% Terhadap Produk yang Dihasilkan

3.3.1 Densitas Produk

Hubungan antara temperatur dan waktu terhadap densitas dapat dilihat pada Gambar 9 berikut



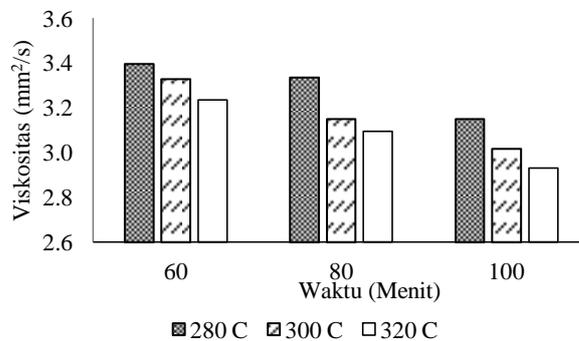
Gambar 9. Grafik Hubungan antara Temperatur dan Waktu terhadap densitas

Berdasarkan Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin meningkat temperatur dan waktu pirolisis maka densitas yang dihasilkan akan semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan kenaikan temperatur dan waktu menyebabkan tingkat pemutusan rantai karbon panjang semakin tinggi sehingga semakin banyak karbon rantai panjang yang terengah menjadi karbon rantai pendek. Menurut Selpiana, dkk (2019) densitas bahan bakar berbanding terbalik dengan temperatur dan waktu. Penilaian bahan bakar cair dapat dilihat dari besarnya densitas. Nilai densitas yang semakin

kecil menunjukkan bahan bakar cair semakin baik karena akan mudah menguap dan terbakar (Prianto, 2018).

3.3.2 Viskositas Produk

Hubungan antara temperatur dan waktu terhadap viskositas dapat dilihat pada Gambar 10.

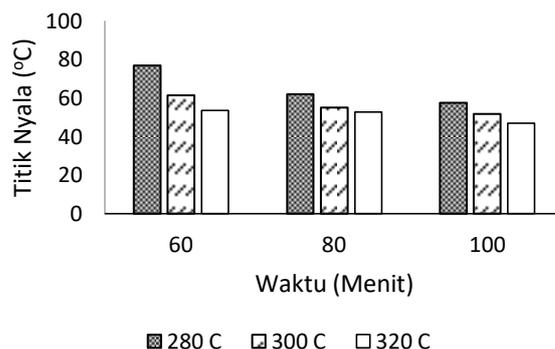


Gambar 10. Grafik Hubungan antara Temperatur dan Waktu terhadap Viskositas

Pada Gambar 10 dapat dilihat viskositas tertinggi pada suhu pirolisis 280°C dan waktu 60 menit yaitu sebesar 3,40 cSt dan viskositas terendah diperoleh pada suhu pirolisis 320°C dan waktu 100 menit yaitu sebesar 2,93 cSt. Berdasarkan gambar 10 dapat disimpulkan bahwa peningkatan temperatur dan waktu menghasilkan viskositas yang semakin kecil. Nilai viskositas berkaitan erat dengan nilai densitas. Menurut Damayanti, dkk (2018), besarnya viskositas berbanding lurus dengan nilai densitas fluida. Peningkatan temperatur dan waktu menyebabkan semakin banyak karbon rantai panjang yang terengah menjadi rantai pendek. Hal tersebut menyebabkan massa jenis produk menjadi semakin rendah.

3.3.3 Titik Nyala Produk

Hubungan antara temperatur dan titik nyala dapat dilihat pada Gambar 11



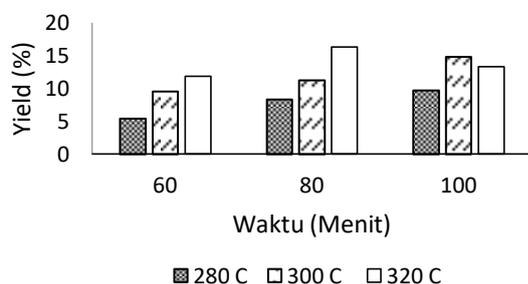
Gambar 11. Grafik Hubungan antara Temperatur dan Waktu terhadap Titik Nyala

Pada Gambar 11 dapat dilihat titik nyala tertinggi didapat pada suhu pirolisis 280⁰C dan waktu 60 menit yaitu sebesar 76,8⁰C dan titik nyala yang terendah diperoleh pada suhu pirolisis 320⁰C dan waktu 100 menit yaitu sebesar 47,0⁰C. Berdasarkan Gambar 11, peningkatan temperatur dan waktu akan menghasilkan titik nyala yang semakin kecil. Temperatur dan waktu yang terus meningkat akan menyebabkan kandungan air di dalam minyak semakin berkurang sehingga api akan cepat menyala.

Menurut Nasrun, dkk (2016), peningkatan temperatur dan waktu akan menyebabkan kadar air didalam produk akan semakin sedikit karena pada saat didalam reaktor minyak telah mengalami pemanasan pada suhu yang tinggi dan waktu yang lebih lama dan akan mudah menyala ketika disulut dengan api.

3.3.4 Yield Produk

Hubungan antara temperatur dan %yield dapat dilihat pada Gambar 12



Gambar 12. Grafik Hubungan antara Temperatur dan Waktu terhadap % Yield

Gambar 12 menunjukkan bahwa temperatur pirolisis yang semakin meningkat menghasilkan %yield semakin besar. Hal tersebut karena bahan baku akan terdekomposisi secara sempurna pada suhu yang tinggi sehingga volume bahan bakar cair yang dihasilkan semakin banyak. Sesuai dengan teori Arrhenius bahwa untuk reaksi yang sama nilai konstanta kecepatan reaksi semakin besar seiring dengan peningkatan temperatur pirolisis.

Berdasarkan Gambar 12 dapat dilihat bahwa faktor lain yang mempengaruhi %yield bahan bakar cair adalah waktu pirolisis. Pada penelitian ini peningkatan %yield bahan bakar cair disebabkan oleh bertambahnya waktu pirolisis. Waktu pirolisis yang semakin lama menyebabkan semakin banyak bahan baku terdekomposisi sehingga volume bahan bakar yang dihasilkan (Idral, dkk., 2015).

Namun, pada penelitian ini juga terjadi penurunan yield dengan bertambahnya temperatur dan waktu pirolisis yaitu pada suhu pirolisis 320⁰C dan waktu pirolisis 100 menit. Penurunan %yield ini terjadi karena peningkatan suhu dan waktu yang lebih tinggi akan mengakibatkan kehilangan bobot (loss)

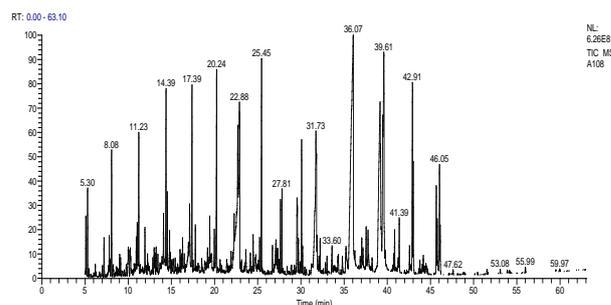
semakin besar pula. Setiadi dan Arifianto (2007) menyatakan bahwa pada saat suhu pirolisis mengalami peningkatan lebih lanjut maka akan memecah ikatan karbon semakin kuat sehingga dimungkinkan terjadi proses *secondary cracking/cracking* lanjutan dan akan menghasilkan ikatan-ikatan yang lebih kecil. Selain itu, waktu pirolisis terlalu lama menyebabkan suhu air di dalam kondensor akan semakin meningkat sehingga perpindahan panas dari air pendingin ke uap yang dihasilkan tidak terjadi secara optimal. Sesuai dengan penelitian Maulina dan Putri (2017) bahwa yield mengalami peningkatan seiring bertambahnya suhu dan waktu pirolisis, namun mengalami penurunan pada temperatur 250⁰C dan waktu pirolisis 90 menit yang disebabkan oleh terjadinya *cracking* lanjutan.

3.4 Hasil Analisa GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan untuk menentukan persentase dan komposisi unsur-unsur hidrokarbon yang terkandung dalam produk bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses perengkahan katalitik lemak sapi.

3.4.1 Hasil GC-MS produk dengan katalis 1%

Hasil analisis GC-MS untuk produk berdasarkan %yield tertinggi yaitu pada temperatur 320⁰C, lama waktu perengkahan 80 menit dan berat katalis 1% dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Kromatogram Produk Bahan Bakar Cair

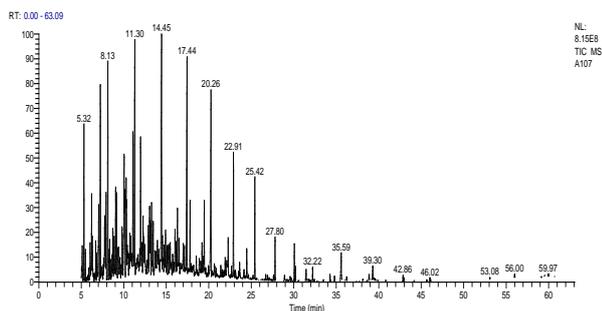
Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa hasil analisa GC-MS menunjukkan fraksi bahan bakar cair yang dihasilkan diklasifikasikan menjadi 2 kelompok yaitu fraksi gasoline (C₇-C₁₁) sebesar 18,26% dan kerosene/diesel (C₁₂-C₁₉) sebesar 41,33%. Sebagian besar asam lemak pada lemak sapi akan terengka berubah menjadi senyawa golongan alkana, alkena, dan senyawa golongan aromatik yang memiliki jumlah rantai karbon terbanyak yaitu C₁₂-C₁₉, setara dengan bahan bakar kerosene/diesel.

Kandungan gasoline (C₇-C₁₁) didalam produk dikarenakan terjadinya 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 dan

asam oleat didalam lemak sapi yang dapat terengkah menjadi rantai karbon lebih pendek setara dengan gasoline pada saat perengkahan katalitik (Bielansky, dkk., 2011). Hal tersebut sesuai dengan penelitian Nakorn dan Thapanapong (2018) yang menyatakan bahwa perengkahan katalitik lemak sapi menghasilkan fraksi gasoline, kerosene, dan diesel dengan komposisi terbesar yaitu fraksi kerosene dan diesel sebesar 64,7%. Berdasarkan penelitian Riyadhhi dan Syahrullah (2016) menunjukkan bahwa produk hasil perengkahan katalitik lemak sapi mengandung fraksi gasoline sebesar 17,25% dan fraksi kerosene/diesel sebesar 82,75%.

3.4.2 Hasil GC-MS produk dengan katalis 5%

Hasil analisis GC-MS untuk produk berdasarkan % yield tertinggi yaitu pada temperatur 320°C, lama waktu 60 menit dan katalis sebanyak 5 % . dapat dilihat pada Gambar 14



Gambar 14. Kromatogram Produk Bahan Bakar Cair

Pada Gambar 14 hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa fraksi bahan bakar cair yang dihasilkan dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu

fraksi gasoline (C_7-C_{11}) sebesar 40,67 % dan kerosene/diesel ($C_{12}-C_{19}$) sebesar 47,11%. Sebagian besar asam lemak pada tallow terengkah dan berubah menjadi senyawa golongan alkana, alkena, dan senyawa golongan aromatik dengan jumlah rantai karbon terbanyak yaitu $C_{12}-C_{19}$, setara dengan bahan bakar kerosene/diesel.

Adanya kandungan gasoline (C_7-C_{11}) dikarenakan terjadinya 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 perengkahan katalitik. Hal tersebut sesuai dengan Penelitian Riyadhhi dan Syahrullah (2016) yang menyatakan bahwa perengkahan katalitik lemak sapi menghasilkan fraksi gasoline, kerosine dan diesel, dihasilkan senyawa karbon dengan jumlah karbon $C_7 - C_{11}$ yang merupakan fraksi gasoline sebanyak 17,85 % sedangkan $C_{12}-C_{19}$ yang merupakan kerosine/diesel sebanyak 82,15%.

3.5 Perbandingan hasil produksi bahan bakar cair dengan penelitian sebelumnya

Produksi bahan bakar cair dari lemak sapi dilakukan melalui proses pirolisis menggunakan katalis zeolite alam di dalam sebuah reaktor. Kualitas dari bahan bakar cair dapat ditentukan dengan mengetahui karakteristik fisik bahan bakar cair tersebut seperti densitas, viskositas kinematik, dan titik nyala. Hasil dari penelitian dapat dilihat pada tabel 1 dan juga perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

Tabel 1. Perbandingan hasil produksi bahan bakar cair di dalam reaktor batch pada penelitian terdahulu

Bahan Baku	Metode	Kondisi Operasi	Katalis	Produk Utama	Yield (%)	Densitas (kg/m^3)	Viskositas (mm^2/s)	Titik Nyala ($^{\circ}C$)	Referensi
Minyak Jelantah	Pirolisis	T = 360°C t = 60 mnt	Zeolit/ Nikel 15% w/w	$C_{15}H_{32}$ 44,6% C_9-C_{20} 4,47% C_5-C_{10} 5,37%	37,75	790	2,32	-	Andrianus, dkk., 2013
PFAD	Pirolisis	T = 380°C t = 120 mnt	H-Zeolit 1% w/w	$C_{11}-C_{12}$ 3,97% $C_{13}-C_{19}$ 31,41%	30	834	1,67	32	Wiguna, 2013
Lemak Sapi	Pirolisis	T = 443°C t = 60 mnt	ZSM-5 6,3% w/w	$C_{12}-C_{15}$ 35,8% $C_{16}-C_{21}$ 28,9%	73	870	3,20	-	Nakorn dan Thapanapong, 2018
Lemak Sapi	Pirolisis	T = 320°C t = 60 mnt	Zeolit Alam 1% w/w	C_7-C_{11} 18,26% $C_{12}-C_{19}$ 41,33%	11,86	823,37	3,24	53,6	Penelitian sekarang

Pada tabel 1 dapat dilihat bahwa konversi lemak sapi menjadi bahan bakar cair menghasilkan yield terbesar. Bahan bakar cair dari lemak sapi menghasilkan yield sebesar 73% dengan kondisi operasi temperatur 443°C selama 1 jam, lebih besar dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

Perengkahan katalitik lemak sapi menjadi bahan bakar cair dengan menggunakan katalis zeolite menghasilkan hidrokarbon dengan rentang C₇-C₁₉. Bahan bakar cair yang dihasilkan yaitu sebesar 11,86% dan lebih sedikit dibandingkan penelitian sebelumnya. Semakin lama temperatur dan waktu pirolisis maka semakin banyak produk yang dihasilkan. Produksi bahan bakar cair dipengaruhi oleh temperatur dan waktu karena semakin lama temperatur dan waktu pirolisis maka dekomposisi bahan baku akan lebih sempurna sehingga produk bahan bakar cair yang dihasilkan akan lebih banyak.

4. SIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan penelitian didapatkan sifat fisik produk dengan katalis 5% yaitu untuk pengaruh temperatur densitas 828,0 kg/m³, viskositas kinematik 3,2209 mm²/s, dan titik nyala 54,6 °C. Pada pengaruh waktu densitas sebesar 842,49 kg/m³, viskositas kinematik 3,10 mm²/s, dan titik nyala 59,8°C. Sedangkan produk dengan katalis 1% untuk pengaruh temperatur dan waktu didapatkan densitas 823,37 kg/m³, viskositas kinematik 3,24 mm²/s, dan titik nyala 53,6°C
2. Kondisi operasi optimum pada proses pirolisis lemak sapi dengan katalis 5% yaitu pada temperatur 320°C dengan yield sebesar 12,4206 % dan pada waktu 100 menit dengan yield sebesar 11,51%. Sedangkan kondisi operasi optimum pada proses pirolisis lemak sapi dengan katalis 1% yaitu 320°C dan 60 menit dengan % yield sebesar 11,86%.
3. Berdasarkan %yield tertinggi dengan katalis 1%, hasil analisa GC-MS menunjukkan bahwa pada bahan bakar cair pirolisis lemak sapi terdapat fraksi gasoline (C₇-C₁₁) sebesar 18,26% dan kerosene/solar (C₁₂-C₁₉) sebesar 41,33%. Sedangkan untuk katalis 5% kondisi operasi optimum yaitu pada temperatur 320°C dan waktu 60 menit terdapat fraksi gasoline (C₇-C₁₁) sebanyak 40,67 % dan kerosene/solar (C₁₂-C₁₉) sebesar 47,11%.

DAFTAR PUSTAKA

Bielansky, P., Weinert, A., Schonberger, C., dan Reichhold, A. 2011. *Gasoline and Gaseous Hydrocarbons from Fatty Acids Via Catalytic Cracking*. Jurnal Konversi Biomassa dan Biorefinery. Vol. 2, Hal 53-61. Vienna: Vienna University of Technology.

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.

Handono, M.R.T. 2017. *Pembuatan Bahan Bakar Cair dengan Memanfaatkan Limbah Ban Bekas Menggunakan Katalis dari Limbah Bekas Perengkahan Minyak Bumi PT Pertamina RU III dengan Metode Pirolisis*. Skripsi Universitas Muhammadiyah Palembang

Idral, Nurassyidin, dan Zultiniar. 2015. *Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Terhadap Rendemen Pirolisis Limbah Kulit Durian Menjadi Asap Cair*. Riau: Universitas Riau.

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.

Maher K.D., Bressler D.C. 2007. *Review Pyrolysis Of Triglyceride Materials For The Production Of Renewable Fuels And Chemicals*. Bioresource Technology 98 (2007) 2351–2368

Maulina.S. dan Putri.F.S. 2017. *Pengaruh Suhu, Waktu, dan Kadar Air Bahan Baku terhadap Pirolisis Serbuk Pelepeh Kelapa Sawait*. Jurnal Teknik Kimia USU. Vol. 6, No. 2. Medan: USU.

Murti, S., dan Elfi N. 2017. *Sintesa Bio-Bensin Melalui Perengkahan Katalitik Minyak Jelantah dengan Katalis Zeolite Alam Bayah*. Jurnal Energi dan Lingkungan. Vol.13 No.1. Hal 29-34

Nakorn, T. dan Thapanapong, K, 2018. *Light Liquid Fuel Catalytic Cracking Beef Tallow With ZSM-5*. International Journal of Renewable Energy Research. Vol.8, No.1. Chiang Mai: Chiang Mai University.

Nasrun, Kurniawan, E., dan Sari, I. 2016. *Studi Awal Produksi Bahan Bakar dari Proses Pirolisis Kantong Plastik Bekas*. Jurnal Teknologi Kimia Unimal. Vol. 5, No. 1. Hal 30-44. Aceh: Universitas Malikussaleh.

Prianto, D.W. 2018. *Pirolisis Sampah Plastik Bungkus Mie Instan dengan Memanfaatkan Abu Vulkanik Gunung Merapi sebagai Katalis*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

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.

Rosmawaty, Bandjar, A. Dan Gunoroso, S. 215. *Optimasion Transesterification Reaction*

Conditions on Biodiesel Production From Beef Tallow. No. 2. Hal 213-222.

- Selpiana, P. Susmanto, L. Cundari, R.W Putri, O. Ibrahim, dan D. Oktari. 2019. *Pengaruh Waktu dan Temperatur Terhadap Sifat Fisik Cairan Hasil Proses Perengakahan Limbah Plastik Jenis Expanded Polystyrene*. Jurnal Dinamika Penelitian Industri. Vol. 30, No. 2. Hal 123-130. Palembang: UNSRI.
- Setiadi dan Arifianto, B. 2007. *Perengkahan Molekul Trigliserida Minyak Sawit Menjadi Hidrokarbon Fraksi Gasoline Menggunakan Katalis B_2O_3/Al_2O_3* . Jakarta: Universitas Indonesia.
- Sinaga, V. S., Haryanto, A., dan Triyono, S. 2014. *Pengaruh Suhu dan Waktu Reaksi pada Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah*. Jurnal Teknik Pertanian. Vol.3, No.1.p.27-34. Lampung: Universitas Lampung.
- Subagio. 2018. *Merintis Kemandirian Bangsa dalam Teknologi Katalis*. Bandung: Forum Guru Besar ITB.
- Widyasanti, A, Nurjannah, S, Sinatria, T.M.G. 2017. *Pengaruh suhu dalam Proses Transesterifikasi Pembuatan Biodisel kemiri sunan (Renutealis Trisperma)*. Jurnal Meterial dan Energi Indonesia . Vol 07. No. 01. Hal 9-18.
- Yekta H, Ghobadian, B., Loghavi M., Kamgar S., dan Fayyazi E. 2013. *Biodiesel Fuel Production From Resdual Animal Fat Az An Inedible And Inexpensive Feedstock*. Intl. Res. J. Appl. Basic. Sci. Vol., 5 (1), 84-91, 2013.
- Yolanda, T. 2018. *Catalytic Cracking Minyak Jarak Pagar (Jatropha curcas L) Menggunakan Katalis Zeolit Alam*. Skripsi. Banten: UIN Syarif Hidayatullah