

## Penggunaan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Pada Proses *Hydrotreating* Minyak Jelantah Menjadi *Green Diesel*

Zurohaina<sup>1</sup>, Irawan Rusnadi<sup>2</sup>, Jaksen M. Amin<sup>3</sup>, Ahmad Zikri<sup>\*4</sup>, Rizkia Sabatini<sup>5</sup>, Lindawati<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Jurusan Teknik Kimia program Studi Sarjana Terapan Teknik Energi,  
Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia  
Email: <sup>4</sup>zikri90@gmail.com, <sup>5</sup>rizkiasabatini@gmail.com

### Abstrak

Penggunaan energi terbarukan harus menjadi perhatian utama masyarakat dan pemerintah Indonesia, tidak hanya sebagai upaya untuk mengurangi penggunaan energi fosil, tetapi juga untuk menciptakan energi bersih yang ramah lingkungan. *Green diesel* merupakan energi terbarukan untuk menggantikan solar. Salah satu bahan yang dapat diubah menjadi *green diesel* adalah minyak goreng. *Green diesel* diproduksi dengan menggunakan proses *hydrotreating* pada tekanan hidrogen 3 bar. 2000 ml minyak goreng direaksikan dengan gas hidrogen (H<sub>2</sub>) menggunakan katalis untuk mempercepat reaksi. Variabel non statis yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis dan jumlah katalis dan suhu. Setelah mendapatkan kondisi optimum untuk variasi jumlah katalis, penelitian dilanjutkan untuk mengetahui kondisi temperatur operasi terbaik dengan variasi temperatur 370 °C, 390 °C, 410 °C, 430 °C, 450 °C. Variasi katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Penggunaan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebesar 3% pada suhu 430 °C per 2000 ml sampel merupakan kondisi optimum dalam penelitian ini dan menghasilkan persentase rendemen sebesar 33,89%. Sifat fisik *green diesel* yang diperoleh dari penelitian ini meliputi densitas (764,41– 787,29kg/m<sup>3</sup>), viskositas kinematik (2,55–2,72mm<sup>2</sup>/s), kadar air (4003,48 -6094,38 ppm), dan titik nyala (48,6 – 57,5 °C).

**Kata kunci:** *Green diesel, Hydrotreating, Minyak goreng, NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Temperatur*

## *The Use Of NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts In The Hydrotreating Process Cooking Oil Into Green Diesel*

### Abstract

*The use of renewable energy must be the main concern of the people and government of Indonesia, not only as an effort to reduce the use of fossil energy, but also to create clean energy that is environmentally friendly. Green diesel is a renewable energy to replace diesel fuel. One of the materials that can be converted into green diesel is cooking oil. Green diesel is produced by using the hydrotreating process at hydrogen pressure of 3 bar. 2000 ml of cooking oil is reacted with gaseous hydrogen (H<sub>2</sub>) using a catalyst to speed up the reaction. Non static variables used in this research are the type and amount of catalyst and temperature. After getting the optimum conditions for the variation in the amount of catalyst, the research was continued to find out the best operating temperature conditions with a temperature variation of 370 °C, 390°C, 410 °C, 430 °C, 450 °C. The varied catalysts NiMo /  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst with 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. The use of NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst by 3% at temperature 430 °C per 2000 ml sample is the optimum condition in this study and resulted in a yield percentage of 33,89%. The physical properties of green diesel obtained from this study include density (764,41– 787,29kg/m<sup>3</sup>), kinematic viscosity (2,55–2,72mm<sup>2</sup>/s), water content (4003,48 -6094,38 ppm), and flash point (48,6 – 57,5°C).*

**Keywords:** *Cooking oil, Green diesel, Hydrotreating, NiMo/ $\gamma$ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Temperature*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan sumber energi fosil semakin besar sehingga kebutuhan energi semakin meningkat dan cadangan sumber energi fosil menipis. Untuk itu peralihan penggunaan energi fosil menuju Energi Baru dan Terbarukan (EBT) merupakan sesuatu yang mutlak untuk dilakukan. Namun dilansir dari Direktorat Jendral Energi Terbarukan dan Konservasi Energi (2020) [1], Indonesia memiliki kapasitas sumber energi sebesar 70,96 Giga Watt (GW), dari kapasitas energi tersebut 35,36% dari batubara, 19,36% dari gas bumi, 34,38% dari

minyak bumi dan EBT hanya sebesar 10,9%, sehingga diperlukan hidrokarbon yang berasal dari minyak nabati, salah satu jenis minyak nabati yang dapat dimanfaatkan untuk sintesis biohidrokarbon adalah minyak jelantah. Minyak jelantah merupakan minyak goreng yang telah dipanaskan berulang kali. Saat ini, penelitian bahan bakar dikembangkan untuk mendapatkan BBN adalah solar terbarukan atau *green diesel*.

*Green diesel* memiliki struktur hidrokarbon menyerupai hidrokarbon minyak solar yang berasal dari fosil. *Green diesel* dapat diproduksi menggunakan berbagai metode, salah satunya dengan reaksi *hydrotreating* yang merupakan proses hidrdeoksigenasi, dekarboksilasi, hidroisomerisasi, dan *hydrocracking*. hidrdeoksigenasi bertujuan menghilangkan oksigen dari suatu bahan dengan cara memotong ikatan karbon-oksigen dengan menggunakan gas hidrogen. Proses hidrdeoksigenasi biasa diikuti dengan reaksi hidrogenasi, dekarboksilasi (DCO), dan dekarbonilasi (DCN), ataupun gabungan ketiganya. Dalam hidrdeoksigenasi terjadi peningkatan nilai energi pada minyak dengan melepaskan gugus okasi dalam bentuk H<sub>2</sub>O atau dalam bentuk CO<sub>2</sub> melalui proses dekarboksilasi. Tujuan utama dari proses ini adalah untuk mereduksi rasio O/C dan secara simultan meningkatkan rasio H/C (Mohammad *et.al*, 2012) .. reaksi *hydrotreating* menghasilkan produk utama berupa hidrokarbon (*green diesel*) dengan produk samping berupa CO<sub>2</sub> (dekarboksilasi), CO dan H<sub>2</sub>O (dekarbonilasi), dan H<sub>2</sub>O (hidrdeoksigenasi) (Veriansyah *et.al*, 2011). [2].

Pengolahan minyak jelantah melalui proses hidrdeoksigenasi ini melibatkan katalis untuk mempercepat laju reaksi dan meningkatkan selektivitas. Katalis yang sering digunakan dalam proses hidrdeoksigenasi baik dalam riset dan industri adalah katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan adanya promotor K dan P, promotor yang digunakan dalam variasi penelitian ini adalah K yang diperoleh dari K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> atau K<sub>2</sub>O dan P yang diperoleh dari H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> merupakan promotor yang paling efektif dalam menghilangkan mengurangi *deposit* karbon (*coke removal*) yang mungkin dihasilkan oleh  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Hagen, 2006), sedangkan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> berfungsi untuk meningkatkan pusat aktif dari katalis. Promotor K dan P cocok untuk proses dengan temperatur tinggi, serta berfungsi untuk menetralisasi pusat asam, mereduksi *coke*, dan meningkatkan dispersi *molybdenum* di dalam katalis.

Penelitian ini studi mengenai pengaruh variasi temperatur dan persentase katalis dalam proses *hydrotreating* minyak jelantah menjadi *green diesel*.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

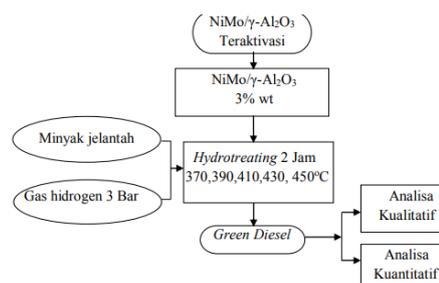
Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat alat *catalytic hydrocracking*, alat *press*, neraca analitik(*Mettle PM 4600*), Erlenmeyer (*Pyrex*), *oven*, *Furnace*, gelas kimia(*Pyrex*), cawan petri (*Pyrex*).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Minyak Jelantah, NiNO<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O (*Merck Millipore*), (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> (*Merck Millipore*),  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (*Merck Millipore*), K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (*Merck Millipore*), H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (*Merck Millipore*), dekstrin, hidrogen dan aquadest.

### 2.2. Metode Penelitian

Penelitian pembuatan *green diesel* menggunakan minyak jelantah dengan metode *hydrotreating* terdiri dari beberapa tahapan proses, yaitu persiapan bahan baku (penyaringan dan penurunan FFA), pembuatan katalis, proses penelitian dan tahapan analisa dari produk yang dihasilkan akan dilakukan di laboratorium rekayasa bioproses teknik kimia dan laboratorium teknik energi Politeknik negeri sriwijaya.

Pada proses pembuatan *green diesel* menggunakan minyak jelantah dengan metode *hydrotreating*, terdapat berbagai variasi temperatur *hydrotreating* 370°C, 390°C, 410°C, 430°C, 450°C dan variasi persentase katalis 0%, 1%, 2%, 3%, 4%. Produk yang diperoleh selanjutnya akan dianalisa berdasarkan parameter *green diesel* yakni terdiri dari, analisa desitas, viskositas, titik nyala, kadar air, nilai kalor, *cetane number*, GC-MS.



Gambar 1. Proses *Hydrotreating* Minyak Jelantah Menjadi *Green Diesel*

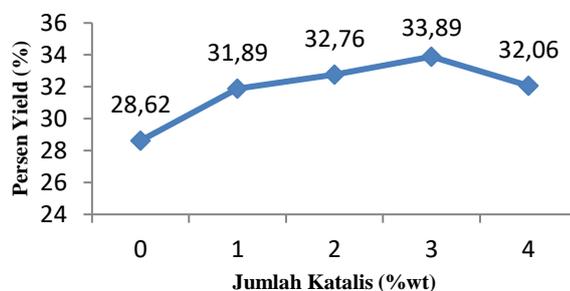
Proses aktivasi katalis dilakukan dengan impregnasi kering dimana nantinya  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  akan dikeringkan di oven selama 2 jam selanjutnya membuat larutan precursor dari Ni dan Mo selanjutnya larutan akan di impregnasi kering selama satu jam dengan  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ , kemudian di keringkan kedalam oven selama 16 jam untu menghilangkan senyawa-senyawa yang tidak diperlukan dan dikalisinasi selama 5 jam dengan suhu  $550^\circ\text{C}$  lalu akan ditambahkan promotor K dan P untuk meningkatkan aktivasi pada katalis yang kemudian akan dibentuk pellet menggunakan mesin pellet.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap *Yield* Produk

##### a. Pengaruh Persentase Katalis terhadap *Yield* produk

Hasil pengamatan hubungan persentase katalis terhadap persen *yield* cenderung meningkat hingga optimal pada sampel ke-4 dengan persen katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  3% dapat dilihat pada gambar 2. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah katalis, maka semakin banyak pula zat-zat yang mampu menurunkan energi aktivasi dan mempercepat reaksi, sehingga proses perengkahan semakin efektif dan produk yang dihasilkan semakin banyak (Yuli Ristianingsih, dkk., 2015) [3].

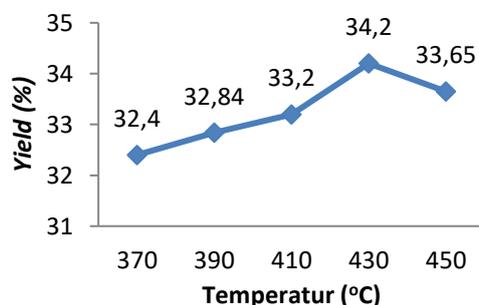


Gambar 2. Pengaruh Persentase Katalis Terhadap persen *Yield*

Pada sampel ke-5, persen *yield* menurun dari 33,89% menjadi 32,06%. Hal ini disebabkan karena pada saat pengoperasian alat, tekanan hidrogen menurun. Tekanan hidrogen yang rendah ini menyebabkan terbentuknya *coke* yang membuat katalis tersebut terdeaktivasi (Adhi Budhiarto, 2017) [4]., sehingga kinerja dari katalis tidak optimal untuk mempercepat reaksi penguapan minyak jelantah dan mengakibatkan proses perengkahan menjadi tidak efektif dan produk yang dihasilkan menurun. Pada sampel 5 ini terbentuk residu-residu dan kotoran-kotoran diduga karena katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  tidak di regenerasi.

##### b. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap *Yield* Produk

Pengaruh temperatur terhadap *yield* produk dilakukan pada suhu  $370\text{-}450^\circ\text{C}$  dengan katalis NiMo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  yang ditambahkan 3% dari bahan baku minyak jelantah terlihat pada gambar 1.



Gambar 3. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap *Yield* Produk

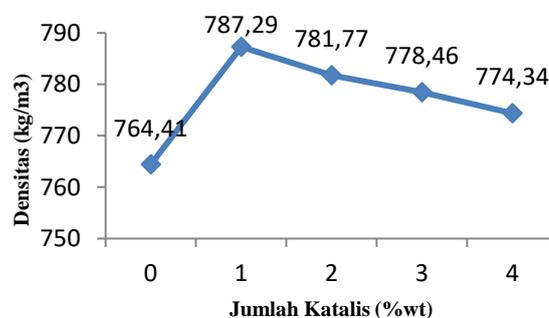
Dari Gambar 3 dapat dilihat temperatur memiliki pengaruh yang cukup penting pada proses *pyrolysis*, pada temperatur rendah yaitu  $370^\circ\text{C}$  dihasilkan *yield biofuel* 32,40% dan *yield* yang dihasilkan juga meningkat seiring dengan naiknya temperatur yaitu pada temperatur  $430^\circ\text{C}$  sebesar 34,20%. Kenaikan *yield* dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai karbon, dimana untuk dapat memutuskan suatu ikatan diperlukan energi panas yang besar. Hal ini juga sama terjadi pada penelitian Setiadi, dkk., 2008, dimana

*yield* produk cair (fraksi bensin) yang diperoleh meningkat seiring dengan naiknya temperatur, namun pada suhu 450°C nilai *yield* yang dihasilkan produk menurun yaitu 33,65% hal ini dikarenakan pada suhu 450°C dengan suhu yang tinggi akan membuat semakin banyaknya *coke* yang akan terbentuk didalam reaktor 1 akibat reaksi *decarboxylation* yaitu mengkonversi asam karboksilat dari monogliserida, digliserida, dan asam lemak bebas. menjadi alkanarantai lurus, kemudian melepaskan CO<sub>2</sub> dan reaksi *decarbonylation* yaitu memproduksi alkana melalui reaksi asam karboksilat pada monogliserida, digliserida, dan asam lemak bebas. dengan hidrogen, kemudian membentuk CO dan H<sub>2</sub>O sebagai hasil samping. Pada temperatur tinggi akan meningkatkan laju kinetika molekul sehingga difusi reaktan ke dalam katalis juga akan lebih baik. Jika difusi lebih baik maka reaktan yang dapat masuk ke pori katalis lebih banyak sehingga senyawa-senyawa yang terkandung di umpan yang terengkahkan juga lebih banyak (Setiadi, dkk., 2008) [5].

### 3.2. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap Densitas

#### a. Pengaruh Persentase Katalis terhadap Densitas

Densitas atau berat jenis merupakan jumlah massa per jumlah volume dari suatu cairan. Densitas merupakan salah satu sifat fisik yang dapat dijadikan indikasi dalam mengetahui jenis produk atau senyawa tertentu.



Gambar 4. Pengaruh Jumlah Katalis *Hydrotreating* terhadap Densitas

Densitas dari green diesel berkisar antara 765-800 kg/m<sup>3</sup> (*Green Diesel European Standards EN15940:2016/A1:2018*). Sedangkan pada penelitian ini, densitas produk yang diperoleh berkisar 764,41-787,29 kg/m<sup>3</sup>. Berdasarkan penelitian, didapatkan bahwa semakin banyak jumlah katalis yang digunakan maka densitas produk yang dihasilkan semakin menurun.

Densitas produk green diesel pada penelitian telah sesuai dengan densitas bahan bakar green diesel, namun pada sampel 1 densitas yang didapat mendekati dari densitas standar *green diesel* yaitu 764,41 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini dikarenakan sampel 1 merupakan produk *green diesel* tanpa pemakaian katalis, sehingga perengkahan yang terjadi belum sempurna. Selain itu, perengkahan tanpa katalis pada umumnya memerlukan suhu yang sangat tinggi. Sehingga dengan kondisi yang sama dengan pemakaian katalis, green diesel tanpa pemakaian katalis diduga kurang bereaksi sempurna pada suhu 410°C karena tidak terdapat suatu zat yang mampu mempercepat reaksi untuk melakukan penguapan dan menurunkan energi aktivasi serta membuat waktu operasi semakin lama. Hal ini bersesuaian dengan pendapat Tedi Hudaya, dkk., yang menyatakan semakin lama waktu operasi, maka densitas produk akan semakin turun karena semakin banyak hidrokarbon rantai pendek atau fraksi-fraksi ringan yang terbentuk karena terjadi reaksi pemutusan ikatan C-O dalam *hydrotreating*.

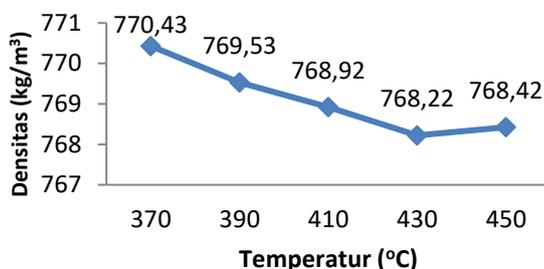
Berdasarkan penelitian dapat dinyatakan bahwa densitas dipengaruhi oleh jumlah rantai karbon, semakin pendek jumlah rantai karbon, maka semakin kecil densitas yang didapat. Pada umumnya, densitas bahan bakar harus memiliki nilai densitas yang rendah karena apabila nilai densitas bahan bakar terlalu tinggi maka akan meningkatkan keausan mesin dan menyebabkan kerusakan pada mesin (Setiawan & Edwar, 2012).

#### b. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Densitas

Densitas produk *green diesel* pada penelitian ini sudah memenuhi *Green Diesel European Standards* karena dapat diindikasikan melalui fraksi dominan yang terdapat pada produk merupakan fraksi diesel (C<sub>15</sub> - C<sub>18</sub>).

Terlihat pada gambar 5. Densitas pada produk semakin menurun dengan adanya penambahan suhu, pada suhu 370°C densitas yang ada pada produk 770,43 kg/m<sup>3</sup> sedangkan pada temperatur 430°C densitas yang ada pada produk 688,42 kg/m<sup>3</sup>. Hal ini terjadi karena pemutusan rantai hidrokarbon yang panjang menjadi rantai hidrokarbon yang lebih pendek. Semakin pendek rantai hidrokarbon maka semakin kecil berat molekulnya sehingga nilai densitasnya juga semakin kecil (Sulaiman, 2006) [6]. Sedangkan pada suhu 450°C terjadi

peningkatan nilai densitas yang dikarenakan mulai terbentuknya defosit karbon. Deposit karbon ini dapat terlihat jelas pada produk reaksi perengkahan berwarna coklat kehitaman keruh dan endapan karbon yang ada pada reaktor 1. Endapan ini tidak ditemukan dalam reaksi perengkahan pada suhu yang lebih rendah. Deposit karbon atau yang lebih dikenal sebagai *coke*, merupakan produk antara kation intermediet yang lebih stabil dan terakumulasi dalam katalis pada saat reaksi berlangsung.

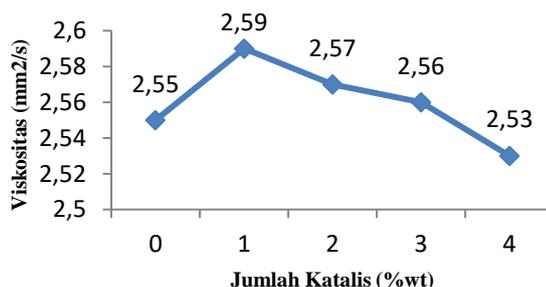


Gambar 5. Pengaruh Jumlah Katalis *Hydrotreating* terhadap Densitas

### 3.3. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap Viskositas

#### a. Pengaruh Persentase Katalis terhadap Viskositas

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Viskositas berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida ketika satu lapisan bergerak ke lapisan yang lain.



Gambar 6. Pengaruh Persentase Katalis terhadap Viskositas

Pada penelitian ini, pengukuran suatu viskositas bertujuan untuk mengetahui kekentalan minyak pada suhu tertentu sehingga minyak dapat dialirkan pada suhu tersebut. Makin ringan fraksi minyak bumi, maka semakin kecil pula viskositasnya. Sebaliknya, semakin berat fraksi minyak bumi, maka semakin besar pula viskositasnya.

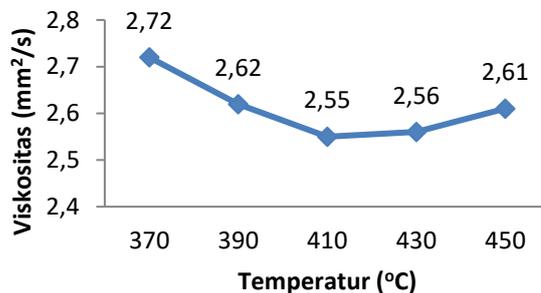
Viskositas yang diamati merupakan viskositas kinematik yaitu perbandingan antara viskositas dinamik dengan densitas suatu produk. Viskositas dari bahan bakar *green diesel* berkisar antara 2,0-4,5 mm<sup>2</sup>/s (*Green Diesel European Standards EN15940: 2016/A1:2018*). Berdasarkan data penelitian, nilai viskositas yang didapat berkisar antara 2,54-2,59 mm<sup>2</sup>/s yang memenuhi standar viskositas *green diesel*.

Dari Gambar 6 dapat diamati bahwa sampel ke-5 merupakan sampel dengan viskositas paling rendah dibandingkan sampel lainnya, namun masih memenuhi standar *green diesel* sedangkan sampel ke-2 memiliki nilai viskositas paling tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya. Hal ini dikarenakan terdapat fraksi-fraksi berat diatas range diesel (>C<sub>18</sub>) sehingga viskositas yang dihasilkan lebih tinggi. Viskositas dipengaruhi oleh rantai hidrokarbon yang terbentuk saat perengkahan, bila rantai yang terbentuk banyak mengandung senyawa hidrokarbon rantai pendek maka fraksi ringan banyak terbentuk sebaliknya bila banyak terbentuk senyawa hidrokarbon rantai panjang maka akan membentuk fraksi berat (Selpiana, dkk., 2019) [7].

Hal yang menyebabkan penurunan nilai viskositas ini dikarenakan semakin banyak persen katalis yang diberikan maka akan menurunkan energi aktivasi dan membuat reaksi berjalan lebih cepat di temperatur rendah dan akan menurunkan nilai viskositas. Nilai densitas dan viskositas berbanding lurus, maka ketika densitas menurun, nilai viskositas juga menurun dan sebaliknya, semakin besar nilai densitas maka nilai viskositas akan semakin besar. Hal ini disebabkan kerapatan antar molekul yang semakin rapat pada minyak, maka gaya kohesi pada minyak akan semakin besar sehingga kekentalan minyak semakin tinggi (Fathona, 2019).

Viskositas yang rendah memudahkan bahan bakar diinjeksikan, dikabutkan dan dicampur dengan udara sehingga memicu pembakaran yang lebih baik. Sebaliknya, viskositas yang tinggi mengakibatkan atomisasi bahan bakar yang kurang baik sehingga berdampak pada pembakaran yang buruk (Syarifudin, dkk., 2019).

**b. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Viskositas**



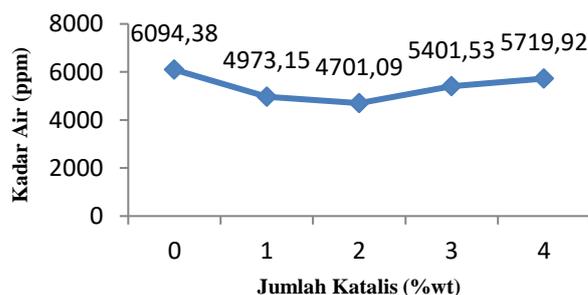
Gambar 7. Pengaruh Jumlah Katalis *Hydrotreating* terhadap Viskositas

Dari gambar 7 dapat diamati bahwa viskositas produk yang diperoleh berkisar antara 2,55 - 2,72 mm<sup>2</sup>/s dimana viskositas produk *green diesel* yang diperoleh pada penelitian ini sudah sesuai dengan standar yang digunakan. Fenomena ini selaras dengan hasil uji densitas produk reaksi perengkahan dan pendapat yang menyatakan terjadinya penurunan densitas suatu fluida diikuti dengan penurunan viskositas fluida tersebut. Nilai viskositas yang semakin kecil pada produk reaksi perengkahan juga dipengaruhi oleh pemutusan rantai carbon yang terjadi sehingga fraksi yang dihasilkan berupa fraksi ringan dan deposit karbon sebab deposit karbon menyebabkan hambatan pada aliran fluida pada viskometer yang menyebabkan penunjukan viskometernya semakin besar. Reaksi perengkahan yang menunjukkan semakin tinggi temperatur yang terjadi pada reaksi perengkahan katalitik, mengakibatkan semakin banyak pula tumbukan yang terjadi antara molekul reaktan dengan permukaan katalis yang menghasilkan produk perengkahan yang lebih ringan. Namun, pada produk reaksi perengkahan yang berlangsung pada temperatur 450°C menunjukkan terjadinya peningkatan viskositas karena terbentuknya deposit karbon sehingga secara kasat mata produk reaksi perengkahan ini terlihat lebih kental

**3.4. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap Kadar Air**

**a. Pengaruh Persentase Katalis terhadap Kadar Air**

Kadar air merupakan jumlah kandungan air yang terdapat di dalam *green diesel*. Reaksi pada tahapan *hydroprocessing* menghasilkan H<sub>2</sub>O sebagai hasil sampingnya. Namun semakin sedikit air, maka kualitas *green diesel* semakin baik. Standar kadar air yang yang diperbolehkan pada green diesel maksimal 200 ppm (*Green Diesel European Standards EN1 5940 :2016 /AI:2018*).

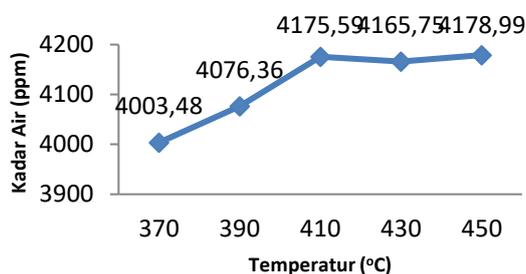


Gambar 8. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Kadar Air *Green Diesel*

Pada grafik dapat dilihat bahwa kadar air yang diperoleh yakni sebesar 4701,09 -6094,38 ppm. Adanya kandungan air ini disebabkan karena hasil samping reaksi yakni proses penghilangan gugus karbonil (dekarbonilasi) dan proses penghilangan oksigen dengan penambahan hidrogen (hidrodeoksigenasi) serta kurang baiknya pemisahan air dari produk *green diesel* sehingga masih banyak mengandung air.

Faktor lain yang dapat menyebabkan tingginya kadar air adalah menguapnya zat-zat volatile di dalam senyawa-senyawa non-alkana yang terkandung di dalam green diesel. Zat-zat volatile tersebut memiliki titik didih dibawah 100°C sehingga zat-zat tersebut ikut menguap ketika di oven. Dalam jurnal Eddy Kurniawan, dkk., kadar air pada bahan bakar minyak merupakan salah satu tolak ukur mutu bahan bakar minyak tersebut. Semakin kecil kadar air dalam bahan bakar maka mutunya akan semakin baik, karena air adalah penyebab kehausan pada sistem pompa bakarnya.

b. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Kadar Air



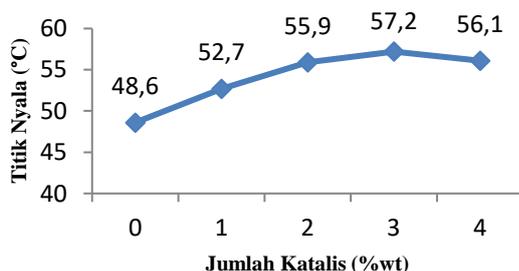
Gambar 9. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Kadar Air

Pada gambar 9. Nilai kadar air yang didapatkan adalah 4003,48 – 4178,99 ppm, ini cukup jauh dengan standar kandungan kadar air yang ada pada *green diesel*, banyaknya kandungan air ini disebabkan karena hasil samping reaksi yakni proses penghilangan gugus karbonil (dekarbonilasi) dan proses penghilangan oksigen dengan penambahan hidrogen (hidrodeoksigenasi) serta produk yang masih merupakan *biofuel* belum adanya proses distilasi sehingga masih banyak mengandung air.

3.5. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap Titik Nyala

a. Pengaruh Persentase Katalis terhadap Titik Nyala

Titik nyala (*flash point*) merupakan titik temperatur terendah dimana bahan bakar dapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer.



Gambar 11. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap Titik Nyala *Green Diesel*

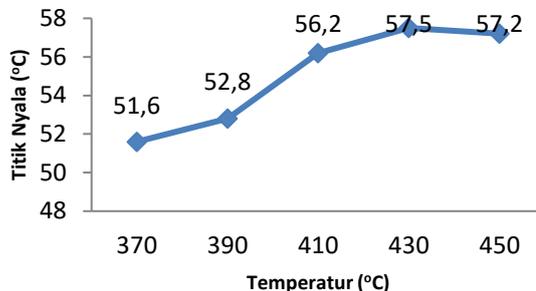
Menurut *Green Diesel European Standards EN15940:2016/A1:201*, titik nyala pada *green diesel* berkisar minimal 55°C, sehingga berada dalam batas aman terhadap bahaya kebakaran selama berada pada penyimpanan, penanganan, dan transportasi di bawah suhu tersebut. Menurut Setiawan (2012) titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar. Volatile adalah kecenderungan suatu bahan untuk menguap (Lestari, 2010). Dari hasil pengujian titik nyala yang didapatkan berkisar antara 46,8°C – 57,2°C. Pada sampel 1, titik nyala yang didapatkan lebih rendah dibandingkan *green diesel*, hal ini dikarenakan banyak produk fraksi ringan yang terkandung di dalam *green diesel* dan nilai volatilitas yang tinggi sehingga mudah terbakar. Sedangkan pada sampel 5 dengan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 3% merupakan titik nyala optimal karena nilai titik nyala yang besar sehingga memudahkan dalam penyimpanan bahan bakar tersebut. Titik nyala yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan keterlambatan penyalaan, namun titik nyala yang terlalu rendah juga tidak diinginkan karena akan menyebabkan timbulnya detonasi yaitu ledakan-ledakan kecil yang terjadi sebelum bahan bakar masuk ke ruang bakar (Ni'matul Izza, 2011) [8].

b. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Titik Nyala

Titik nyala dari bahan bakar *green diesel* berkisar minimal 55°C (Douvartzides dkk., 2019) [9], sehingga berada dalam batas aman terhadap bahaya kebakaran selama berada pada penyimpanan, penanganan, dan transportasi di bawah suhu tersebut. Menurut Setiawan (2012) titik nyala mengindikasikan tinggi rendahnya volatilitas dan kemampuan untuk terbakar dari suatu bahan bakar. Volatile adalah kecenderungan suatu bahan untuk menguap (Lestari, 2010) [10].

Berdasarkan gambar 11. Menunjukkan adanya peningkatan nilai titiknyala yang berbanding lurus dengan peningkatan temperatur hal ini dikarenakan pada suhu yang tinggi tekanan pada reaktor 1 juga akan ikut meningkat sehingga fraksi-fraksi berat akan lebih mudah teruapkan, minyak berat dengan rentang rantai karbon C<sub>15</sub> -C<sub>40</sub> akan mendidih pada suhu 300 - 450°C (Pertamina,2016). Namun pada suhu 370- 390°C mempunyai

titinya dibawah standar green diesel yaitu 51,6 dan 52,8°C hal ini dikarenakan banyak produk fraksi ringan yang terkandung di dalam green diesel dan nilai volatilitas yang tinggi sehingga mudah terbakar.



Gambar 11. Pengaruh Temperatur *Hydrotreating* terhadap Titik nyala

### 3.6. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap Nilai Kalor

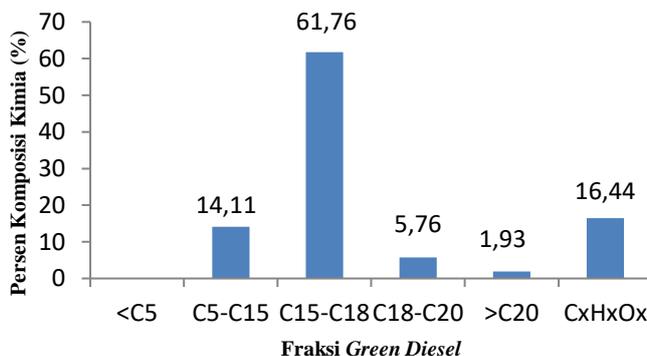
Nilai kalor merupakan jumlah energi panas yang dilepaskan tiap satuan massa. Pada penelitian ini, pengukuran nilai kalor dilakukan pada sampel dengan temperatur 430°C. Pengukuran nilai kalor dilakukan dengan menggunakan *bomb calorimeter* pada sampel dengan persen *yield* tertinggi. Nilai kalor yang didapat sebesar 42.1344 MJ/kg atau 10063,6360 cal/gram. Nilai kalor ini mendekati nilai kalor *Green Diesel European Standards EN15940:2016/A1:201* sebesar 43,70-44,5 MJ/kg. Semakin tinggi nilai kalor suatu bahan bakar maka energi yang dihasilkan pun akan semakin efisien, karena menghasilkan panas yang lebih besar dengan massa yang sedikit (Irzon, 2012) [11].

### 3.7. Pengaruh Persentase Katalis dan Temperatur *Hydrotreating* terhadap *Cetane Number*

Produk *Green Diesel* kemudian diuji angka setana dengan menggunakan *Octane and Fuel Analyzer Zeltex*. Angka Setana menunjukkan kemampuan bahan bakar untuk menyala sendiri (*auto ignition*). Berdasarkan tabel 4.5 angka setana yang ada pada sampel 4. Dengan temperatur 430°C mempunyai angka setana 93,7 CN, hal ini telah sesuai *Green Diesel European Standards EN15940:2016/A1:201* dengan angka cetane minimal 70 CN. Menurut Prihandana, *et al* (2006), skala untuk angka setana biasanya menggunakan referensi berupa campuran antara normal setana (C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) dengan alpha metil naphtalena (C<sub>10</sub>H<sub>7</sub>CH<sub>3</sub>). Normal setana memiliki angka setana 100, alpha metil naphtalena memiliki angka setana 0. Hal tersebut menunjukkan bahan bakar hidrokarbon dengan struktur atom rantai lurus mempunyai bilangan setana lebih tinggi daripada bahan bakar dengan struktur atom yang rumit.

### 3.8. Analisis Senyawa Kimia dan Komposisi *Green Diesel*

Pada penelitian ini, dilakukan analisis senyawa kimia dan komposisi *green diesel* menggunakan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) pada sampel dengan pemakaian temperatur 430°C. Dari pengujian menggunakan GC-MS, diasumsikan bahwa hasil analisis senyawa kimia dan komposisi *green diesel* mewakili keseluruhan sampel.



Gambar 11. Grafik Fraksi dan Komposisi *Green Diesel*

*Green Diesel* dari proses *hydrotreating* minyak jelantah ini mengandung komposisi senyawa hidrokarbon dengan jumlah rantai C yang beragam, yang dapat dilihat pada tabel L1.8. Dari gambar 4.6 dapat diketahui bahwa produk yang dihasilkan mengandung rantai  $C_{15}$ - $C_{18}$  sebagai komposisi dominan sebesar 61,67%, dimana rantai ini merupakan rantai fraksi diesel. Sedangkan komposisi lainnya yaitu, gasoline, kerosine, nafta ( $C_5$ - $C_{15}$ ) sebesar 14,11%, minyak pelumas ( $C_{18}$ - $C_{20}$ ) sebesar 5,76%, parafin ( $>C_{20}$ ) sebesar 1,93% dan senyawa lainnya sebesar 16,44%.

Adanya kandungan gasoline, nafta, dan kerosine ( $C_5$ - $C_{15}$ ) disebabkan karena terjadinya proses perengkahan terus menerus sehingga rantai hidrokarbon ringan yang dihasilkan semakin banyak. Selain itu, kandungan  $C_{18}$ - $C_{20}$  (Minyak Pelumas) maupun  $>C_{20}$  (Parafin) disebabkan karena minyak jelantah belum merengkah sepenuhnya menjadi produk yang diinginkan yaitu diesel dengan rentang  $C_{15}$ - $C_{18}$ . *Green diesel* yang dihasilkan tidak mengandung zat-zat yang memiliki fraksi  $<C_5$  karena hidrokarbon dibawah  $C_5$  merupakan hidrokarbon berfase gas dan tidak dapat dikondensasi, sehingga menguap ke udara. Berdasarkan data komposisi GC-MS ini dapat disimpulkan bahwa produk *green diesel* yang dihasilkan memiliki komposisi yang sama dengan bahan bakar diesel dan terdapat sekitar 61,67% komposisi diesel.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa, Kondisi optimum pembuatan *green diesel* dengan proses *hydrotreating* minyak jelantah yaitu pada 3% katalis dan temperatur *hydrotreating* 430°C, kemudian untuk persentase *yield* maksimum yang diperoleh pada penelitian ini pada variasi temperatur adalah 34,20% sedangkan pada variasi katalis sebesar 33,89%. *Green diesel* pada pemakaian katalis dan temperatur optimum yang diproduksi pada penelitian ini memiliki sifat fisik Densitas 768,22 kg/m<sup>3</sup>, Viskositas Kinematik 2,56 mm<sup>2</sup>/s, Kadar Air 4165,75 ppm, Titik Nyala 57,50°C, Nilai Kalor 42,1344 MJ/kg, Cetane Number 93,7 CN.

Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menemukan beberapa kekurangan. Maka dari itu penulis menyarankan, Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aktivasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> agar memiliki kinerja yang optimal pada proses *hydrotreating*. Selain itu perlu juga memperhatikan keadaan *heater* yang digunakan karena sangat berpengaruh pada tercapainya temperatur yang diinginkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM. "Perkuat Ketahanan Ekonomi, Porsi EBT Ditargetkan 13,4 Persen pada 2020", 2020. <https://ebtke.esdm.go.id/post/2020/02/07/2472/perkuat.ketahanan.ekonomi.porsi.ebt.ditargetkan.134.persen.pada.2020>. (accessed mar. 10, 2020)
- [2] B. Veriansyah, J. Y. Han, S. K. Kim, S. A. Hong, Y. J. Kim, J. S. Lim, Y. W. Shu, S. G. Oh, and J. Kim, "Production of renewable diesel by hydroprocessing of soybean oil: Effect of catalysts," *Fuel*, vol. 94, pp. 578-585, 2011.
- [3] J. Hagen, *Industrial Catalysis: A Practical Approach, 2nd edition*. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA., 2006.
- [4] R. Irzon, and S. Permadewi, "Nilai Kalor Tiga Jenis Sampel Cair Menggunakan Bomb Calorimeter," *Prosiding Pertemuan Ilmiah Standarisasi*, 2012.
- [5] L. Adhani, I. Aziz, S. Nurbayti, and C. A. Octavia, "Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi dari Minyak Goreng Bekas," *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 2, no. 1, pp. 71-80, 2016.
- [6] P. Kumar, and S. Maity, *Role of NiMo Alloy and Ni Species in the Performance of NiMo/Alumina Catalysts for Hydrodeoxygenation of Stearic Acid: A Kinetic Study*. OCS OMEGA, 2020.
- [7] L. Lestari, Aripin, Yanti, Zainudin, Sukmawati and Marliani, "Analisis Kualitas Briket Arang Tongkol Jagung yang Menggunakan Bahan Perikat Sagu dan Kanji," *Jurnal Fisika*, vol. 6 no. 2. 2020.
- [8] Mohammad, *et al. Overview on the Production of Paraffin Based-Biofuels. Renewable and Sustainable Energy Reviews.*, 2012
- [9] Orozco, M. Laura, A. D. Echeverri, L. Sanchez, and L. A. Rios, "Second-Generation Green Diesel from Castor Oil: Development of a New and Efficient Continuous-Production Process," *Chemical Engineering Journal*. 2017.
- [10] A. Pribadi, "Menteri Arifin: Transisi Energi Mutlak Diperlukan: kementerian energi dan sumber daya mineral," 2020. <https://ebtke.esdm.go.id/post>. (accessed okt 22, 2020)
- [11] R. Prihandana, R. Hendroko, and M. Nuramin, *Menghasilkan Biodiesel Murah : Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM*. Jakarta: Agromedia Pustaka, 2016

- [12] B. Dwiratna, and Soebagjo, “Pengembangan Katalis NiMo Alumina Untuk Reaksi Hidrodeoksigenasi Minyak Nabati Menjadi Bioavtur,” *Jurnal Energi dan Lingkungan*, vol. 11, no. 7, 2015.