

## Konversi Minyak Biji Nyamplung (*Callophyllum Inophyllum* Linn) Menjadi Biofuel dengan Katalis Berbasis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(Conversion of Nyamplung Seed Oil (*Callophyllum Inophyllum* Linn)  
to Produce Biofuel using NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based Catalyst)

Elva Febriyanti<sup>1</sup>, Achmad Roesyadi<sup>1\*</sup>, Danawati Hari Prajitno<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

<sup>2</sup>Departemen Industri Teknik Kimia, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
Jl. Teknik Kimia, Sukolilo, Surabaya – 60111

\*Penulis Korespondensi E-mail: [aerosyadi@yahoo.com](mailto:aerosyadi@yahoo.com)

### Abstrak

Keterbatasan bahan bakar fosil sebagai salah satu sumber energi yang tidak dapat diperbarui di Indonesia menjadikan wacana untuk menciptakan sumber alternatif dari bahan baku lain yang jumlahnya masih melimpah dan dapat diperbarui. Salah satu bahan bakar alternatif yang paling menjanjikan adalah *biofuel*, penelitian dibidang *biofuel* sejauh ini terus berkembang dengan memanfaatkan beragam lemak nabati untuk mendapatkan bahan bakar alternatif (*biofuel*) dan dapat diperbaharui dengan menggunakan metode *Hydrocracking*. Penelitian ini mempelajari pengaruh temperatur reaksi pada proses *hydrocracking* dari minyak biji nyamplung menjadi *biofuel* berdasarkan parameter *yield*, konversi dan selektivitas dari komponen produk *biofuel*. Penelitian dilakukan dalam dua tahapan yaitu preparasi katalis dan proses *hydrocracking* minyak nyamplung. Gamma alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dipreparasi terhadap logam Ni dan Mo menggunakan metode *dry impregnation* (impregnasi kering) selanjutnya dikarakterisasi dengan *Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy* (EDX) menunjukkan bahwa kadar pada  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8,78 wt%) dan logam Ni (1,47 wt%), Mo (1,44 wt%), untuk luas permukaan dari  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diperoleh dari analisa *Brunauer Emmet Teller* (BET) yaitu 120.765 – 185.491 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> dan ukuran pori rata-rata adalah 0,229 cc/g. Proses *hydrocracking* menggunakan reaktor batch dengan serangkaian eksperimen dengan tekanan antara 10-15 bar dan rentan temperature 300-350 °C selama 2 jam, dengan volume minyak nyamplung 300 ml dan katalis yang digunakan 10% dari volume minyak. Produk cair yang diperoleh dianalisis menggunakan GCMS (Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry) untuk mengidentifikasi produk hidrokarbon sebagai *gasoline*, *kerosen*, dan *gasoil*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konversi tertinggi diperoleh pada katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rasio (2:1) sebesar 80,82% dan selektivitas *gasoil* 81,48% pada temperature 350 °C, dan selektivitas n-parafin 49%. Sehingga minyak *Callophyllum Inophyllum* L. dapat direkomendasikan sebagai sumber minyak nabati yang tidak bersaing dengan bahan pangan (*non-edible oil*) untuk menghasilkan *gasoil* sebagai bahan bakar transportasi yang ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** *hydrocracking*, minyak biji nyamplung, *biofuel*, katalis berbasis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

### Abstract

The limitation of fossil fuels as one of the non-renewable energy sources in Indonesia makes the discourse to create alternative sources of other raw materials which are still abundant and renewable. One of the most promising alternative fuels is *biofuel*, research in the field of *biofuel* so far continues to grow by utilizing a variety of vegetable fats to obtain alternative fuels (*biofuels*) and can be renewed using the *hydrocracking* method. This research studies the effect of reaction temperature on the *hydrocracking* process of nyamplung seed oil into *biofuel* based on yield, conversion, and selectivity parameters of *biofuel* product components. The research was conducted in two stages, namely the catalyst preparation and the nyamplung oil *hydrocracking* process. This research studies the effect of reaction temperature on the *hydrocracking* process of nyamplung seed oil into *biofuel* based on yield, conversion, and selectivity parameters of *biofuel* product components. The research was conducted in two stages, namely the catalyst preparation and the nyamplung oil *hydrocracking* process. Gamma alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) prepared against Ni and Mo metals using *dry impregnation* method then characterized by *Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy* (EDX) shows that the levels of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (8,78 wt%) and Ni metals (1,47 wt%), Mo (1.44 wt%), for the surface area of  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> obtained from the *Brunauer Emmet Teller* (BET) analysis, which is 120,765-185,491 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> and the average pore size is 0.229 cc/g. The *hydrocracking* process uses a batch reactor with a series of experiments with a pressure between 10-15 bar and temperature susceptibility of 300-350 °C for 2 hours, with a volume of nyamplung oil 300 ml and a catalyst used 10% of the volume of oil. The liquid product obtained was analyzed using GCMS (Gas Chromatography-Mass Spectrophotometry) to identify hydrocarbon products like *gasoline*, *kerosene*, and *gasoil*. The results showed that the highest conversion was obtained in the NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst ratio (2:1) of 80.82% and 81.48% *gasoil* selectivity at 350 °C, and n-paraffin selectivity of 49%. So that *Callophyllum Inophyllum* L. oil can be recommended as a source of vegetable oil that does not compete with food (*non-edible oil*) to produce *gasoil* as an environmentally friendly transportation fuel.

**Keywords:** *hydrocracking*, nyamplung seed oil, *biofuel*, NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> based catalyst.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap minyak bumi/minyak fosil sebagai bahan baku bahan bakar minyak dari waktu ke waktu terus mengalami peningkatan sejalan dengan pembangunan yang terjadi di Indonesia. Ini terjadi di semua sektor yang meliputi sektor industri, transportasi, komersial, dan rumah tangga. Sektor transportasi adalah salah satu sektor terbesar dalam mengkonsumsi energi dibandingkan dengan sektor lain yang masih bergantung pada bahan bakar fosil [1]. Produksi minyak bumi/minyak fosil di Indonesia sejak tahun 2005-2014 terus mengalami penurunan. Pada tahun 2005 BP Global mampu memproduksi sebesar 1,090 ribuan *barrels per day* (BPD), namun pada 2014 hanya mampu memproduksi 852 ribuan BPD. Hal tersebut diperburuk dengan tidak terpenuhinya permintaan domestik sehingga Indonesia mengimpor sekitar 350.000 sampai 500.000 barrel bahan bakar. Konsumsi minyak di Indonesia pada tahun 2005 sebanyak 1,299 BPD dan terus mengalami peningkatan hingga tahun 2014 mencapai 1,641 ribu BPD (BP *Statistical Review of World Energy* 2015 dan SKK Migas 2015). Salah satu upaya yang dilakukan pemerintah untuk mengatasi krisis energi yaitu mengembangkan energi baru dan terbarukan, energi baru dan terbarukan ini bisa dari biomassa. Ketersediaan biomassa di dunia berkisar 220 miliar ton per tahun yang dapat diproduksi [2]. Di antara biomassa yang dapat dimanfaatkan adalah biji nyamplung, biji jarak, biji bunga matahari, buah kurma, dan banyak lagi. Namun, minyak nabati memiliki kelemahan yaitu komoditas pangan sehingga saat ini bahan bakar terbarukan dari minyak nabati dikembangkan [3]. Sumber energi alternatif memiliki peran yang sangat penting dalam mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub>, efek rumah kaca, mengurangi polusi udara, dan meningkatkan keamanan energi nasional. Biomassa diambil dari minyak nabati untuk dikonversi menjadi biofuel. Minyak nabati dalam bentuk trigliserida viskositas tinggi yang biasanya dikonversi menjadi biodiesel melalui transesterifikasi [4]. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan metode hydrocracking yang merupakan teknologi alternatif untuk mengubah minyak nabati menjadi hidrokarbon dalam bentuk alkana rantai lurus (umumnya C<sub>15</sub>-C<sub>18</sub>) menggunakan katalis heterogen bifungsional [5]. Keuntungan dari metode ini termasuk kepadatan energi yang lebih tinggi, emisi nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) yang lebih rendah dan stabilitas oksidasi yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan metil ester asam lemak. Metode tersebut mampu memproduksi *biofuel* pada temperatur tinggi (300 – 400°C) dan memerlukan energi yang lebih banyak untuk proses perengkahan minyak nabati menjadi hidrokarbon, tetapi menghasilkan produk yang memiliki stabilitas oksidasi dan angka *cetane* yang tinggi [6]. Secara umum, metode hydrocracking menggunakan katalis zeolit dengan logam ganda. Teknologi ini memiliki potensi untuk menghasilkan biofuel yang lebih baik daripada biodiesel melalui transesterifikasi [7]. Dalam reaksi hydrocracking, katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki aktivitas tinggi dalam proses hydrocracking. Pada katalis alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bersifat amorf dan memiliki tekstur luas permukaan lebih kecil serta

memiliki situs asam lebih rendah jika dibandingkan dengan zeolit. Sedangkan untuk katalis zeolit memiliki sifat *hydrophobic* yang berfungsi untuk membantu proses perengkahan trigliserida minyak nabati, sementara logam Ni selektif terhadap reaksi hydrocracking, sedangkan logam Mo memiliki selektivitas tinggi terhadap reaksi hidrodoksigenasi. Pemakaian logam Mo sangat luas dalam reaksi katalitik baik berupa logam murni, oksida logam atau dikombinasikan dengan logam transisi lainnya dan sebagai pengemban sehingga logam Mo sangat baik digunakan untuk aktivitas proses *catalytic hydrocracking* trigliserida [8]. Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki asam dan kekuatan mekanik yang tinggi sehingga digunakan dalam proses perengkahan katalitik dan hydrotreating. Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang digunakan dalam proses hydrocracking minyak nyamplung dapat mengubah minyak nabati menjadi n-parafin (C<sub>10</sub>-C<sub>19</sub>) melalui proses hydrocracking, sedangkan katalis NiMo/HZSM-5 dapat memecah minyak nabati menjadi *gasoline* dan komponen n-parafin [9]. Katalis NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> memiliki kristalinitas tertinggi daripada katalis lainnya karena memiliki keasaman tertinggi dalam dukungan alumina sehingga menghasilkan kristal NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terbaik [10]. Pada penelitian ini jenis katalis yang diperoleh diharapkan dapat meningkatkan aktivitas, selektivitas, dan stabilitas katalis untuk meningkatkan *yield* biofuel melalui proses hydrocracking. Selain itu, proses konversi minyak nyamplung telah dikembangkan di lab kami namun katalis yang digunakan menggunakan logam lain sehingga saya melakukan penelitian mengenai minyak nyamplung ini dengan menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang memiliki aktivitas dan selektivitas yang tinggi dalam proses hydrocracking, dan penelitian ini fokus pada identifikasi *gasoline* (bensin) dan gasoil dari *hydrocracking* minyak nyamplung.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Alat

Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak biji nyamplung (*Callophyllum Inophyllum L.*) yang berasal dari kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Minyak biji nyamplung sebagai bahan baku memiliki rendemen minyak yang tinggi sekitar 50-73% dan memiliki keunggulan kompetitif di masa depan. Untuk katalis yang digunakan, prekursor katalis yang terdiri dari logam Ni dari Ni(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O dan logam Mo dari (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>·4H<sub>2</sub>O yang diperoleh dari Merck EMD Millipore Corporation dengan kemurnian 99%. Sedangkan katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dari Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O sebagai penyangga diperoleh dari Merck (p.a) dengan kemurnian 85%. Asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 85% sebanyak 0,3% (v/v) untuk proses *degumming* minyak biji nyamplung.

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu peralatan kalsinasi (*furnace*) dengan merk Linn Elektron Therm Jerman yang digunakan untuk preparasi katalis. Kemudian peralatan *Hydrocracking* yaitu *batch reactor* yang digunakan Model 4824 Parr Instrument Company dengan volume 600ml, yang digunakan untuk proses *hydrocracking*.

### Preparasi Minyak Biji Nyamplung dengan Proses Degumming

Preparasi minyak biji lampung melalui proses *degumming*, sebanyak 300 ml minyak biji nyamplung (*Callophyllum Inophyllum L.*) yang telah disaring dipanaskan pada temperature 70 °C dalam gelas piala 500 ml sambil diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer*, setelah 15 menit minyak biji nyamplung ditambahkan larutan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) 85% sebanyak 1,5 ml atau 0,3% (v/v) dan pengadukan dilanjutkan hingga 30 menit. Selanjutnya didiamkan semalam hingga gumm dan kotoran terpisah dari minyak, selanjutnya dimasukkan kedalam corong pisah untuk memisahkan gumm dan kotoran, kemudian dicuci dengan air hangat ( $\pm 60$  °C). kemudian dihilangkan kandungan air yang masih terdapat dalam minyak dengan proses vakum temperature 100 °C selama 20 menit.

### Preparasi Katalis

Prosedur preparasi katalis  $NiMo/\gamma-Al_2O_3$  menggunakan metode *dry impregnation* (Holda Puron, 2013; Atsushi Ishihara, 2014; Savitri, 2015). Prekursor yang digunakan adalah larutan garam dari logam Ni dan Mo. katalis NiMo dibuat dari *nickel(II) nitrate hexahydrate* ( $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) dan *ammonium molybdenum(VI) tetrahydrate* ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ) sebagai promotor dan  $\gamma-Al_2O_3$  sebagai *support*.

Gamma-alumina sebagai support/penyangga memiliki luas permukaan spesifik 160-300  $m^2/g$  dan volume pori yang besar [11]. Gamma-alumina terlebih dahulu di aktivasi sebelum dilakukan proses impregnasi terhadap promotor melalui proses kalsinasi didalam *furnace* pada temperature 580 °C dengan waktu 5 jam dengan dialiri gas  $O_2$ .

Kemudian dilakukan impregnasi garam prekursornya *nickel(II) nitrate hexahydrate* ( $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) dan *ammonium molybdenum(VI) tetrahydrate* ( $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ) terhadap support/penyangganya yaitu  $\gamma-Al_2O_3$ . Konsentrasi pada saat mengimpregnasi katalis dilakukan berdasarkan rasio logam Ni:Mo dan %loading logam terhadap massa katalis total. Disini katalis  $NiMo/\gamma-Al_2O_3$  yang diimpregnasi loading 15% dan rasio 2:2 dan 2:1, menimbang katalis  $\gamma-Al_2O_3$  yang telah ditentukan kemudian melarutkan garam prekursor ( $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) dengan melarutkan kedalam aquadest hingga homogen, setelah itu melakukan impregnasi larutan ( $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) dengan cara menyemprotkan larutan logam ke  $\gamma-Al_2O_3$ , didiamkan pada temperature ruangan selama 5 jam, dikeringkan di oven pada temperature 100 °C selama 12 jam. Selanjutnya melakukan impregnasi larutan  $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$  dengan cara hal yang sama seperti pada larutan ( $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ) sebelumnya. Kemudian setelah dilakukan impregnasi terhadap kedua logam prekursor dikalsinasi dengan  $N_2$  pada temperature 500 °C selama 5 jam dan dilanjutkan proses reduksi dengan gas  $H_2$  pada temperature 550 °C selama 5 jam, setelah melakukan reduksi aliran gas  $H_2$  dan *heater* dimatikan namun gas  $N_2$

tetap dialirkan hingga katalis mencapai temperature ruangan.

### Teknik Karakterisasi Katalis

Sampel katalis kemudian dianalisa dengan metode *Brunauer Emmett Teller* (BET) untuk mengetahui luas permukaan dan volume pori katalis dan ukuran serta distribusi dan bentuk pori, adsorpsi nitrogen menggunakan titik didihnya yaitu 77,350 K. *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk melihat kristalinitas katalis dan untuk mengetahui unsur-unsur yang terkandung di dalam katalis, Sampel katalis yang dianalisa menggunakan *diffractometer* dengan radiasi  $Cu-K\alpha$  ( $\lambda = 1,54056 \text{ \AA}$ ) dan daerah angular  $2\theta$  untuk katalis adalah 5,0084 – 90,0084. *Energy Dispersion X-Ray Spectroscopy* (EDX) untuk mengetahui morfologi katalis dan distribusi sebaran logam sekaligus mengetahui kandungan logam yang terimpregnasi pada penyangga  $\gamma-Al_2O_3$ .

### Hydrocracking Minyak Biji Nyamplung

Proses *hydrocracking* minyak biji nyamplung (*Callophyllum Inophyllum Linn*) diawali dengan melakukan karakterisasi minyak biji nyamplung. Reaksi *hydrocracking* asam lemak dari minyak biji nyamplung menggunakan reaktor batch model parr series 4563 *pressure reactor system specifications*, volume 600 ml, *vessel style : moveable, magnetic stirre* dengan tekanan 10 bar dan temperature 300 dan 350 °C. Kemudian menimbang katalis 10% dari volume minyak dengan volume minyak 300 ml. kemudian memasukan kedua komponen tersebut kedalam reaktor batch, selanjutnya mengalirkan gas  $N_2$  kedalam reaktor selama 10 menit. Mengalirkan gas  $H_2$  kedalam reaktor sampai tekanan reaktor 10 bar kemudian menutup valve inlet hidrogen. Menghidupkan heater dan pengaduk, menetapkan temperature 300 °C pada *display temperature set point* reaktor, kemudian membiarkan reaksi berjalan selama 2 jam untuk setiap variabel temperature. Selanjutnya mengambil sampel dan menyaring sampel, kemudian sampel *biofuel* dianalisa dengan metode analisa GC-MS. Produk *hydrocracking* dianalisis dengan GC-MS (kromatografi gas-spektrometri massa). Ini bisa secara kualitatif-kualitatif dan kuantitatif. Komponen akan dideteksi melalui instrumen dengan model kolom nomor kapiler Agilent 19.091 S-493, HP-5MS 5% Phenyl Methyl siloxane, panjang nominal: 30,0 m, diameter nominal: 250 um, ketebalan nominal film : 0,25 mm, dan tekanan awal nominal 10,5 psi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Degumming Minyak Biji Nyamplung (*Callophyllum Inophyllum L.*)

Setelah dilakukan proses *degumming*, terlihat perubahan warna dari minyak nyamplung. Dimana minyak nyamplung awalnya berwarna hijau kehitaman pekat menjadi warna lebih jernih. Setelah dilakukan proses *degumming* pada minyak biji nyamplung, selanjutnya dilakukan karakterisasi minyak tersebut.



Gambar 1. Perubahan warna dari minyak biji nyamplung sebelum dan sesudah dilakukan proses degumming

Tabel 1. Komposisi asam lemak Minyak Biji Nyamplung setelah degumming dari hasil analisa GC-MS

Komponen asam lemak	Nama kimia	Rumus kimia	% berat
Asam Lemak Jenuh	-	-	-
Asam Lemak Jenuh	n-Hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	6,19
Asam Lemak Tidak Jenuh	trans-13-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	25,36
Asam Lemak Tidak Jenuh	Cis-9-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	63,69
Asam Lemak Tidak Jenuh	cis-13-Octadecenoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,23
Asam Lemak Tidak Jenuh	Linoleic acid	-	-

Pada minyak nyamplung yang telah di degumming mengandung asam lemak jenuh 31,55% (palmitat dan stearat) dan asam lemak tidak jenuh 63,92% (oleat dan linoleat). Penelitian lain menyatakan bahwa komposisi minyak nyamplung terdiri atas asam lemak jenuh 29,41% dan asam lemak tidak jenuh 70,32% [12].

**Karakterisasi Katalis**

Sebelum dilakukan analisa luas permukaan melalui BET, katalis didegradasi pada temperature 300 °C selama 3 jam dan katalis dilakukan nitrogen isotherm pada 77,3 K, dan rasio tekanan adsorpsi/desorpsi 0,100/ 0,100, waktu kesetimbangan 180/180 detik, waktu keseimbangan dari 360/360 detik selama 126,1 menit.

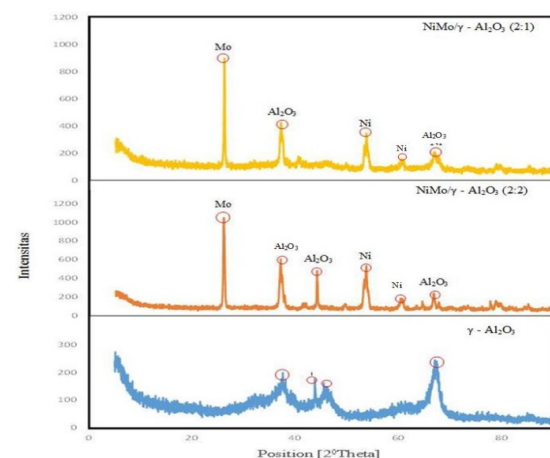
Bahwa luas permukaan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> setelah proses diperoleh sebesar 185.491 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> dengan total volume pori 0.2430 cm<sup>3</sup>.g<sup>-1</sup> dan diameter pori 6.585 nm. Umumnya gamma alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) memiliki luas area spesifik 160-300 m<sup>2</sup>/g yang memiliki peran sebagai support atau penyangga katalis [11]. Adanya penambahan logam Ni dan Mo sebagai promotor ke dalam  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> menyebabkan penurunan luas permukaan dan total volume pori [13]. Semakin banyak

logam yang ditambahkan pada permukaan padatan  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, maka akan berpengaruh terhadap menurunnya luas permukaan dari katalis tersebut. Hal ini disebabkan jumlah logam yang semakin banyak, maka akan terjadi kompetisi untuk berdifusi kedalam mulut pori [14].

Tabel 2. Hasil Uji Analisa BET katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan loading (15%)

Jenis Katalis	BET		
	Luas permukaan, m <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>	Total volume pori, cm <sup>3</sup> .g <sup>-1</sup>	Diameter pori nm
$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	185.491	0.2430	4.872 nm
NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15%wt) rasio 2:1	130.717	0.1758	4.971 nm
NiMo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (15%wt) rasio 2:2	73.852	0.1188	5.310 nm

Berdasarkan hasil pengamatan peak intensitas difaktogram XRD menunjukkan untuk tipe katalis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan intensitas tertinggi pada sudut 2 $\theta$  = 5,14<sup>o</sup>; 5,20<sup>o</sup>; 5,24<sup>o</sup>; 5,30<sup>o</sup>; 5,64<sup>o</sup>; 37,61<sup>o</sup>; 45,54<sup>o</sup>; dan 67,09<sup>o</sup>. Puncak intensitas utama tampak pada 2 $\theta$  = 37,62<sup>o</sup>; 43,83<sup>o</sup>; 45,54<sup>o</sup>; dan 67,48<sup>o</sup> dengan intensitas sebesar 100%, menurut Zhang et al. (2016), yaitu dengan sudut 2 $\theta$  = 37,59<sup>o</sup>; 45,84<sup>o</sup>; dan 67,00<sup>o</sup>. Dimana hasil peak yang diperoleh diatas telah sesuai dengan puncak (peak) khas dari  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Pada tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan %loading logam sebesar 15% dan rasio (2:2) untuk  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditemukan pada 2 $\theta$  = 37,28<sup>o</sup> dan 67,66<sup>o</sup>. Kemudian untuk difraktogram pada tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan %loading logam sebesar 15% dan rasio (2:1)  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ditemukan pada sudut 2 $\theta$  = 37,01<sup>o</sup>; 37,43<sup>o</sup>; 37,01<sup>o</sup>; 40,54<sup>o</sup>; dan 67,72<sup>o</sup>. Hasil yang sama telah disampaikan pada penelitian sebelumnya, bahwa untuk tipe katalis dengan tambahan logam Ni akan membentuk ukuran kristal Ni atau NiO yang bervariasi sesuai dengan loading nickel yang terlemban. Ukuran kristal akan meningkat seiring dengan bertambahnya kandungan nickel [15].



Gambar 2. XRD pattern pada tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rasio (2:2) dan (2:1)

Hasil pengukuran EDX membuktikan keberadaan logam pada katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dapat dilihat pada tabel 3. Kandungan logam pada katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil analisa EDX berikut ini.

Tabel 3. Kandungan logam pada katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hasil analisa EDX

Sampel Katalis	% logam (%berat)		
	Ni	Mo	$\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Ni-Mo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> rasio (2:2) 15%	04,61	04,03	08,78
Ni-Mo/ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> rasio (2:1) 15%	01,47	0,44	01,09

Pada katalis Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rasio (2:1) dan loading 15% memiliki persentase massa Ni terhadap Mo yaitu 01,47 % Ni dan 0,44% Mo, hal ini sesuai dengan target loading 15% pada rasio logam (2:1) yang diinginkan. Pada katalis Ni-Mo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rasio (2:2) dan loading 15% jumlah perbandingan kadar logam Ni dan Mo sudah sesuai dengan rasio (2:2) dan % loading. Adanya penambahan logam nikel dan molibdenum ini diharapkan menghasilkan katalis bifungsional dengan sifat hidrogenasi dan hydrocracking yang baik.

**Produk Hydrocracking Minyak Biji Nyamplung**

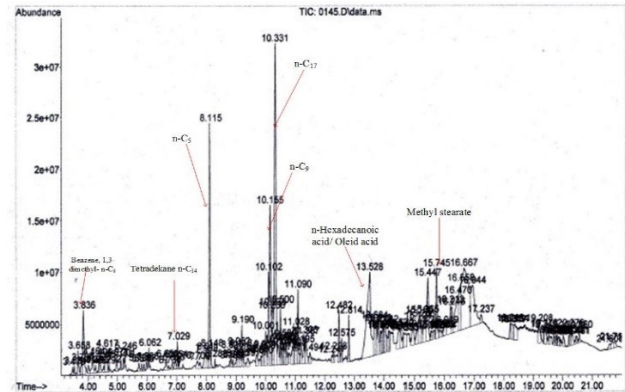
Proses *hydrocracking* minyak biji nyamplung (*Calophyllum Inophyllum L.*) untuk memproduksi *biofuel* menggunakan tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, selanjutnya dilakukan analisa menggunakan metode analisa GC-MS. Pada Gambar 3 menunjukkan spektra GC-MS produk *biofuel* menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> loading 15% pada rasio (2:1) temperature 300 °C. Berdasarkan spektra tersebut menunjukkan bahwa n-parafin pertama yang paling banyak melimpah adalah *Heptadecane* (n-C<sub>17</sub>) dan n-parafin kedua yang paling melimpah adalah *Pentadecane* (n-C<sub>15</sub>). Hal ini menunjukkan reaksi dekarboksilasi atau dekarbilasi yang mendominasi proses *hydrocracking* minyak nyamplung. Keberadaan asam oleat menunjukkan bahwa proses hidrogenasi dan perengkahan asam oleat belum sepenuhnya tercracking. Definisi konversi dan selektivitas ditunjukkan pada pers (1) dan (2):

$$\text{Konversi (\%)} = \frac{X_A - X_P}{X_A} \times 100 \tag{1}$$

$$\text{Selektivitas (\%)} = \frac{P_P}{P_{HC}} \times 100 \tag{2}$$

Dimana X<sub>A</sub> adalah % area asam karboksilat feed, X<sub>P</sub> adalah % area karboksil produk, P<sub>P</sub> adalah n-parafin produk, dan P<sub>HC</sub> adalah % area hidrokarbon total. Pada katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> melalui proses *hydrocracking* minyak nyamplung untuk memproduksi hidrokarbon cair (*biofuel*) menghasilkan konversi sebesar 74,30%. Selektivitas n-

paraffin sebesar 49%, selektivitas gasoline sebesar 0,729% dan selektivitas gasoil 19,12% pada temperature 300°C. sementara untuk yield yang dihasilkan untuk yield gasoline sebesar 8,46%, kerosen 5,27%, dan gasoil 33,8%.

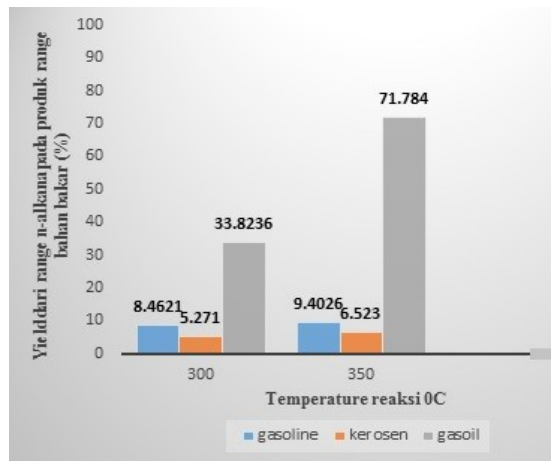


Gambar 3. Spektra produk *biofuel* menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan loading 15% rasio (2:1) pada temperature 300°C.

Pada tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> rasio (2:1) pada temperature 350°C, menunjukkan bahwa n-parafin pertama yang paling banyak melimpah adalah *tetradecane* (n-C<sub>14</sub>) pada waktu retensi 7.021, kemudian *pentadecane* (n-C<sub>15</sub>) pada retensi waktu 8.126, dan *hexadecane* (n-C<sub>16</sub>) pada retensi waktu 9.186. Hal ini menunjukkan reaksi dekarboksilasi atau dekarbilasi yang mendominasi proses hidrokontroler minyak nyamplung. Menghasilkan konversi sebesar 80,82%. Selektivitas n-paraffin sebesar 50,4% , seketivitas gasoline sebesar 9,82%, kerosen 6,11%, dan selektivitas gasoil 20,02% pada temperature 350°C. Sementara untuk yield yang dihasilkan untuk yield gasoline sebesar 9,40%, kerosen 6,52%, dan gasoil 71,78%. Dilihat dari selektivitas dan yield dominan lebih besar pada fraksi solar.

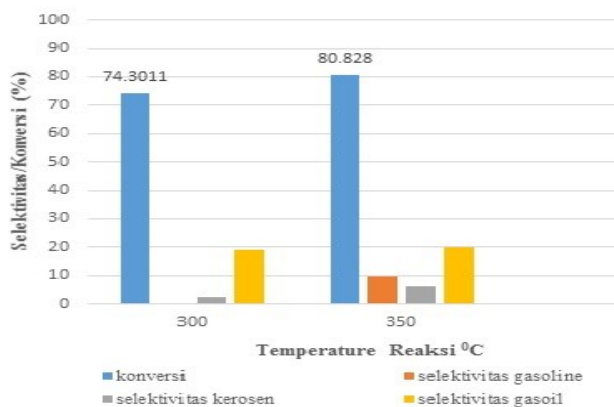
**Pengaruh Temperature Reaksi Terhadap Yield dan Selektivitas pada Proses Hydrocracking Minyak Nyamplung**

Gambar 4. menunjukkan pengaruh temperatur reaksi pada produk *biofuel* untuk tipe katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada masing-masing variasi temperatur yaitu 300 dan 350 °C terhadap *yield* produk. *Yield* tertinggi didominasi oleh produk cair yang terbentuk yaitu fraksi diesel-like hidrokarbon (gasoil) pada masing-masing variasi temperatur reaksi yaitu 33,8% (300°C), 71,78% (350°C), tertinggi diperoleh pada temperatur 350°C. Selain produk diesel-like hidrokarbon, telah terdeteksi produk gasoline. Produksi kerosen mengalami kenaikan pada temperature 350°C, namun produk yang dihasilkan didominasi oleh diesel-like hidrokarbon. Produksi gasoline terbanyak diperoleh pada temperatur 350 °C sebanyak 9,40%.



Gambar 4. Pengaruh temperatur reaksi pada produk *biofuel* terhadap *yield* menggunakan tipe katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$

Gambar 5. Menunjukkan pengaruh temperatur reaksi pada produk *biofuel* untuk tipe katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  pada masing-masing variasi temperatur yaitu 300 dan 350 °C terhadap selektivitas produk. Pada temperatur 300 °C, konversi diperoleh sebanyak 74,30% dan mengalami kenaikan dengan meningkatnya temperatur reaksi 80,82% pada temperature 350 °C. Sedangkan untuk selektivitas gasoil tertinggi pada temperature 350 °C sebesar 71,78%. Temperatur reaksi merupakan salah satu faktor penting dalam proses *hydrocracking*. Semakin tinggi temperatur reaksi maka semakin tinggi konversi reaksi yang diperoleh. Hal ini telah sesuai dengan teori Arrhenius yang menyatakan bahwa temperatur reaksi akan berbanding lurus dengan konversi. Semakin tinggi temperatur reaksi maka mempengaruhi kecepatan reaksi sehingga kecepatan reaksi akan semakin besar [16]



Gambar 5. Pengaruh temperatur reaksi terhadap selektivitas dan konversi pada proses *hydrocracking* minyak nyamplung.

## KESIMPULAN

Katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  dengan *loading* 15% dengan perbandingan variasi rasio (2:2) dan (2:1) dapat dipersiapkan dengan baik menggunakan metode *dry impregnation* berdasarkan volume pori penyangga gamma-alumina. Rasio dan %*loading* logam dapat mempengaruhi karakteristik katalis. Semakin tinggi rasio dan %*loading*

logam makan luas permukaan dan total volume pori akan mengalami sedikit penurunan yang diakibatkan terjadinya sintering dipermukaan katalis. Namun, diameter pori rata-rata cenderung mengalami kenaikan. Semakin tinggi temperatur reaksi maka semakin tinggi konversi reaksi yang diperoleh. Hal ini telah sesuai dengan teori Arrhenius yang menyatakan bahwa temperatur reaksi akan berbanding lurus dengan konversi. Pada katalis  $\text{NiMo}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  pada temperature 350 °C menghasilkan konversi lebih besar sebesar 80,82%, sedangkan pada temperature 300 °C konversinya sebesar 74,30% dan produk *biofuel* yang dihasilkan didominasi oleh range *gasoil* (solar).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang didukung secara finansial oleh dana penelitian "Penelitian Tesis Magister" untuk tahun 2020 dari DRPM, Indonesia, karenanya penulis ucapkan terima kasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM, Berapa Konsumsi Energi Nasional?, *Katadata*, p. 2017, 2018, [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/10/10/berapa-konsumsi-energi-nasional>.
- [2] S. K. Tanneru and P. H. Steele, Direct hydrocracking of oxidized bio-oil to hydrocarbons, *Fuel*, vol. 154, no. 4, pp. 268-274, 2015, doi: 10.1016/j.fuel.2015.03.080.
- [3] A. Ishihara, N. Fukui, H. Nasu, and T. Hashimoto, Hydrocracking of soybean oil using zeolite-alumina composite supported NiMo catalysts, *Fuel*, vol. 134, pp. 611-617, June 2014, doi: 10.1016/j.fuel.2014.06.004.
- [4] S. A. Hanafi, M. S. Elmelawy, N. H. Shalaby, H. A. El-Syed, G. Eshaq, and M. S. Mostafa, Hydrocracking of waste chicken fat as a cost effective feedstock for renewable fuel production: A kinetic study, *Egypt. J. Pet.*, vol. 25, no. 4, pp. 531-537, 2016, doi: 10.1016/j.ejpe.2015.11.006.
- [5] M. Wang, M. He, Y. Fang, J. Baeyens, and T. Tan, The Ni-Mo/ $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  catalyzed hydrodeoxygenation of FAME to aviation fuel, *Catal. Commun.*, vol. 100, no. July, pp. 237-241, 2017, doi: 10.1016/j.catcom.2017.07.009.
- [6] B. Veriansyah et al., Production of renewable diesel by hydroprocessing of soybean oil: Effect of catalysts, *Fuel*, vol. 94, pp. 578-585, 2012, doi: 10.1016/j.fuel.2011.10.057.
- [7] S. Bezergianni and A. Kalogianni, Hydrocracking of used cooking oil for biofuels production, *Bioresour. Technol.*, vol. 100, no. 17, pp. 3927-3932, 2009, doi: 10.1016/j.biortech.2009.03.039.
- [8] O. B. Ayodele, H. U. Farouk, J. Mohammed, Y. Uemura, and W. M. A. W. Daud, Hydrodeoxygenation of oleic acid into n- and iso-paraffin biofuel using zeolite supported fluoro-oxalate modified molybdenum catalyst: Kinetics study, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 50, 2014, pp. 142-152, 2015, doi: 10.1016/j.jtice.2014.12.014.

- [9] Savitri, R. Effendi, G. Primahana, and S. Tursiloadi, Cracking Callophyllum Innophyllum L. Oil to Bio-gasoline by Micro-porous Based Zeolite and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalysts, *Procedia Chem.*, vol. 16, pp. 555-562, 2015, doi: 10.1016/j.proche.2015.12.092.
- [10] A. Widiyati, G. A. Guspiani, J. Riady, R. Andreanto, S. D. Chaiunnisa, and W. Widayat, Preparation and Characterization of NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst for Hydrocracking Processing,” *E3S Web Conf.*, vol. 31, pp. 11-14, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20183103011.
- [11] J. Hagen, *Industrial catalysis: a practical approach*, vol. 2006, no. 5, 2006.
- [12] D. A. Rahmawati, D. Intaningrum, and I. Istadi, “Pembuatan dan Karakterisasi Katalis Heterogen SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-ZnO dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/ZnO dengan Metode Kopersipitasi dan Impregnasi untuk Produksi Biodiesel dari Minyak Kedelai, *J. Teknol. Kim. dan Ind.*, vol. 2, no. 4, pp. 243–252, 2013.
- [13] J. Liu, C. Liu, G. Zhou, S. Shen, and L. Rong, Hydrotreatment of Jatropha oil over NiMoLa/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> catalyst, *Green Chem.*, vol. 14, no. 9, pp. 2499–2505, 2012, doi: 10.1039/c2gc35450k.
- [14] A. Astuti and S. Ningsi, Sintesis Dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Menggunakan Metode Sonokimia, *J. Ilmu Fis. Univ. Andalas*, vol. 9, no. 1, pp. 26-32, 2017, doi: 10.25077/jif.9.1.26-32.2017.
- [15] G. E. Glanetto, G. R. Perot, and M. R. Guisnet, Hydroisomerization and Hydrocracking of n-Alkanes. 1. Ideal Hydroisomerization PtHY Catalysts, *Ind. Eng. Chem. Prod. Res. Dev.*, vol. 25, no. 3, pp. 481-490, 1986, doi: 10.1021/i300023a021.
- [16] J. Wiley and K. Hepburn, *Chemical Reaction Engineering*.