PENGARUH PERBANDINGAN KATALIS ZSM-5 DAN ALUMINA TERHADAP KONVERSI MINYAK JELANTAH MENJADI BAHAN BAKAR NABATI HIDROKARBON

Paqih Purnama Alam¹, I Wayah Adithama Nugraha¹, Mukhtar Ghozali¹, dan Dian Ratna Suminar^{1,*}

¹Program Studi Diploma III Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parompong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

E-mail: dian.ratna@polban.ac.id

ABSTRAK

Konsumsi minyak goreng di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 61 juta L. Dengan jumlah konsumsi tersebut berpotensi menghasilkan minyak jelantah yang banyak. Minyak jelantah dapat diolah menjadi bahan bakar nabati dengan berbagai fraksi seperti *biodiesel*, *biogasoline*, dan *biokerosene* untuk mengurangi potensi pencemaran lingkungan. Ada berbagai cara dalam mengolah minyak jelantah menjadi bahan bakar nabati, salah satunya *catalytic cracking*. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati pembentukan bahan bakar nabati dari minyak jelantah dengan proses *catalytic cracking* menggunakan katalis hibrida ZSM-5/Alumina. Tujuan penelitian ini dilakukan adalah untuk mengamati pengaruh perbandingan katalis ZSM-5 dengan katalis Alumina yang dicampurkan sebagai katalis heterogen serta pengaruh penggunaan katalis berulang. Konversi produk cair tertinggi dihasilkan pada variasi katalis alumina 17,5% sebesar 41,67%. Penggunaan katalis berulang dapat menyebabkan penurunan konversi produk cair. Berdasarkan analisis GC-MS pada sampel 17,5% alumina, produk yang dihasilkan berupa kerosin 29,917%, gasolin 3,996% dan diesel 10,1%. Sisa produk lain merupakan senyawa asam karboksilat, alkohol, dan seyawa tidak teridentifikasi.

Kata Kunci: Minyak jelantah, bahan bakar nabati, ZSM-5, Alumina, catalytic cracking

ABSTRACT

Indonesia's consumption rate of cooking oil in 2019 was 61 million L. The result of it may cause the increase amount of wasted cooking oil produces. The wasted cooking oil could be converted into biofuel with many fractions such as biodiesel, bio gasoline, and biokerosene to reduces the potential of environmental pollutions. There are many ways to convert the waste cooking oil becomes biofuel, for example catalytic cracking. This study inducted by observed the conversion of biofuel from wasted cooking oil by catalytic cracking process using a hybrid catalyst ZSM-5/Alumina. The purposed of this study was to observe the influence of ZSM-5 to Alumina ratio as heterogenic catalyst and the used of the catalyst frequently. The highest conversion of liquid product was produce with value 41.67% at 17.5% alumina variation. The used of catalyst frequently affected the decrease amount of liquid product that produce. The 17.5% alumina variation product analysed using GC-MS to find out the chemical properties of it. Result obtained that the amount of kerosene was 29.917%; gasoline was 3.996%; and diesel was 10.1%. The other product was carboxylic acids, alcohols, and unidentified compounds.

Keyword: Wasted cooking oil, biofuel, ZSM-5, Alumina, catalytic cracking

PENDAHULUAN

Minyak jelantah yang dibuang ke lingkungan tanpa ada *treatment* tertentu, dapat menyebabkan kerusakan serta pencemaran pada tanah dan juga air bersih. Maka dari itu diperlukan proses pengolahan yang salah satunya adalah daur ulang minyak jelantah untuk dapat dimanfaatkan kembali

menjadi produk bermanfaat serta bernilai ekonomi.

Energi merupakan salah satu komponen penting dalam kehidupan sehari - hari. Segala aktivitas yang dilakukan selalu membutuhkan energi. Energi fosil menjadi salah satu sumber energi yang banyak digunakan. Bahan Bakar Minyak (BBM) menjadi energi yang paling umum digunakan untuk kendaraan bermotor. Seiring cadangan minyak mentah di Indonesia semakin menurun, diperkirakan menurun dari estimasi 4,3 miliar barel (bbl) pada awal 2004 menjadi 2,5 miliar bbl pada 2019 (SKK Migas, 2019). Hal tersebut mendasari penelitian berkaitan dengan energi alternatif dan baru terbarukan menjadi pesat. Produksi bahan bakar nabati dengan bahan baku minyak jelantah melalui proses catalytic cracking salah satunya.

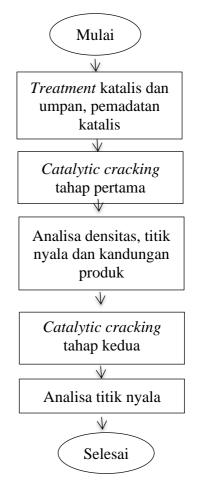
Proses perengkahan dibedakan menjadi tiga macam, yaitu thermal cracking, catalytic cracking, dan hydrocracking (Cleveland dan Szostak, 2011). Catalytic cracking merupakan salah satu proses perengakahan yang lebih hemat dibanding thermal cracking maupun hydro cracking karena hanya memerlukan suhu dan tekanan yang relatif rendah. Katalis memiliki peran penting dalam proses catalytic cracking terhadap persen konversi dari bahan baku menjadi bahan bakar nabati, produk utama bahan bakar nabati berupa biogasolin, biokerosin, dan biodiesel, sedangkan produk samping berupa bio-oil, bioalkohol, dan senyawa lainya (Ong & Bhatia., 2010). Katalis yang digunakan adalah katalis hibrida yaitu ZSM-5/Alumina. Menggunakan katalis hibrida (hybrid catalyst) dapat menghasilkan produk dengan yield cukup tinggi.

Pada penelitian kali ini dilakukan catalytic cracking minyak jelantah dengan katalis ZSM-5 dan katalis alumina, terdapat dua variasi yang akan digunakan, pertama rasio massa antara katalis ZSM-5 dan katalis alumina dengan umpan konstan, dan kedua penggunaan ulang katalis.

METODE

Penelitian catalytic cracking menggunakan katalis ZSM-5 dan alumina dengan bahan baku minyak jelantah yang diperoleh dari sumber yang sama, dan berlangsung secara dua tahap.

Katalis ZSM-5 dan alumina dicampur dipadatkan dengan variasi massa lalu alumina (gr) sebesar 0%, 2,5%, 7,5%, 12,5%, dan 17,5% dengan berat total katalis campuran yang digunakan 20 g dan umpan (minyak jelantah) sebanyak 125 mL. Setelah itu dilakukan analisis densitas, titik nyala dan kandungan produk bahan bakar nabati menggunakan metode Gas Chromatography - Mass Spectroscopy (untuk variasi katalis yang memperoleh hasil paling optimum), dilanjutkan tahap kedua variasi ketahanan katalis dengan menggunakan ulang katalis sebanyak tiga kali dengan umpan 125 mL, rancangan penelitian digambarkan sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Katalis ZSM-5 dan alumina dilakukan *treatment* dengan proses kalsinasi pada kondisi 550°C selama 480 menit, sedangkan minyak jelantah dilakukan *treatment* dengan cara dipanaskan pada kondisi 100°C selama 60 menit.

Tahap pemadatan katalis dimulai dengan menimbang katalis ZSM-5 dan alumina sesuai variasi yang diinginkan, campuran katalis dimasukan pada cetakan dan selanjutnya dipadatkan menggunakan hydraulic press.

Selanjutnya tahap *catalytic cracking*, yaitu sebanyak 125 mL minyak jelantah dimasukan pada reaktor *catalytic cracking* dilanjutkan dengan sebanyak 20 g katalis disimpan pada dudukan katalis di dalam reaktor *catalytic cracking* lalu reaktor ditutup dan diatur suhu pemanasnya hingga mencapai suhu 210°C selama 100 menit. Proses berlangsung secara *batch*.

Produk bahan bakar nabati dianalisis sifat fisiknya meliputi densitas dan titik nyala. Sifat kimianya dianalisis menggunakan metode *Gas Chromatography* - *Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk mengetahui %area senyawa pembentuk bahan bakar nabati. Produk utama yang diinginkan berupa biogasolin, biokerosin, dan biodiesel yang tidak mengikat atom oksigen (O₂).

Proses *catalytic cracking* tahap kedua sama seperti *catalytic cracking* tahap pertama yaitu umpan berupa minyak jelantah sebanyak 125 mL. Namun katalis yang digunakan sebanyak 30 g untuk pemakaian kedua. Digunakan variasi katalis yang menghasilkan persentase produk cair tertinggi pada tahap pertama.

Produk bahan bakar nabati dari proses catalytic cracking tahap kedua hanya dianalisa sifat fisiknya, meliputi titik nyala.

Produk gas diperoleh menggunakan perhitungan sebagai berikut.

Produk gas = umpan
$$- (sludge + produk (cair+padat))$$
 (1)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukan bahwa penambahan katalis alumina (*pro analisis*, Al₂O₃ >99.5%) terhadap katalis ZSM-5 (*Silica-Alumina Ratio* 30-38) berpengaruh terhadap produk bahan bakar nabati yang dihasilkan. Terdapat 3 produk yang dihasilkan yaitu produk fasa cair, padat, dan gas. Sedangkan s*ludge* merupakan umpan yang tidak terkonversi. Komposisi produk yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Produk Tahap-1

Variasi Alumina	Umpan (gram)	Sludge (gram)	Produk (gram)		
(%)			Cair	Padat	Gas
0		36,31	40,03	33,14	2,43
2,5		35,21	27,21	40,12	9,37
7,5	111,91	35,57	30,23	34,83	11,28
12,5		32,7	43,09	25,85	10,27
17,5		34,12	46,64	24,13	7,02

Struktur zeolite (Si/Al > 5) yang berpori-pori menyebabkan zeolite sangat higroskopis dan mampu menyerap molekul non-polar, sehingga baik digunakan untuk katalis asam (Al-Muttaqii, 2016), sedangkan katalis alumina berperan sebagai penyangga yang mampu meningkatkan inti asam pada katalis (Rahmat D, 2011)

Persentase produk cair cenderung terjadi peningkatan seiring penambahan katalis alumina. Dapat dikatakan bahwa penambahan komposisi alumina pada katalis dapat berpengaruh terhadap produk bahan bakar nabati berfasa cair.

Tabel 2 menjelaskan persentase produk cair yang diperoleh pada tahap-1.

Tabel 2. Persentase Produk Cair

Tabel 2. Persentase Produk Cair				
Variasi Katalis	Persentase Produk Cair (%w/w)			
Full ZSM-5	35,76			
2,5% Alumina	24,31			
7,5% Alumina	27,01			
12,5% Alumina	38,5			
17,5% Alumina	41,67			

Terjadi pengurangan massa katalis sebelum dan setelah digunakan, karena katalis tidak mampu menahan suhu dan tekanan didalam reaktor yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengurangan Massa Katalis

Tub	Tuber 5: Tengurungun Mussu Kutuns					
Variasi	Massa	Massa	Pengurangan			
Alumina	Awal	Akhir	Katalis (g)			
(%)	Katalis (g)	Katalis (g)				
0	20	19,70	0,30			
2,5	20	19,62	0,38			
7,5	20	19,40	0,60			
12,5	20	17,40	2,60			
17,5	20	19,20	0,80			

Produk fasa cair yang diperoleh diukur densitas dan titik nyala yang disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Densitas Produk Cair

Tabel 7. Densitas I Ibuuk Can			
Variasi	Densitas	Densitas	
Alumina	Umpan	Produk	
(%)	(g/mL)	(g/mL)	
0		0,834	
2,5		0,878	
7,5	0,895	0,864	
12,5		0,845	
17,5		0,848	

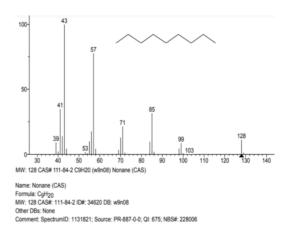
Densitas produk yang diperoleh lebih rendah dari densitas umpan, namun nilainya tidak terlalu jauh, karena produk masih terdapat senyawa bio-oil, dan bioalkohol (Ong & Bhatia, 2010).

Tabel 5. Titik Nyala Produk Cair Tahap-1

Variasi Alumina (%)	Titik Nyala (°C)		
0	83		
2,5	67		
2,5 7,5	66		
12,5	82		
17,5	70		

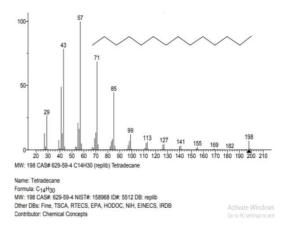
Semakin besar titik nyala suatu produk/bahan bakar, akan sulit terbakar, namun untuk penyulutannya akan lebih lama dari produk/bahan bakar yang nyala memiliki titik lebih rendah (Puspitahati, 2011).

Produk bahan bakar nabati dari variasi 17,5% alumina (produk cair paling banyak) dianalisis menggunakan metode *Gas Chromatography - Mass Spectroscopy* (GC-MS). Gambar 2-4 menunjukkan contoh fraksi biogasolin, biokerosin dan biodiesel yang terdeteksi dari hasil penelitian.



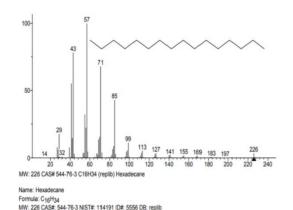
Gambar 2. Contoh Fraksi Biogasolin (C9H20)

Gasolin/biogasolin tersusun dari suatu senyawa hidrokarbon yang memiliki atom karbon 5 sampai 12 dengan rantai lurus dan rumus kimia C_nH_{2n+2} (Sudaryono & Budiyanto, 2010).



Gambar 3. Contoh Fraksi Biokerosin (C14H30)

Kerosin/biokerosin tersusun dari suatu senyawa hidrokarbon yang memiliki atom karbon 12 sampai 16 (Pratiwi dkk., 2016). Diesel/Biodiesel tersusun dari suatu senyawa hidrokarbon memiliki rantai karbon 16 – 21 (Aziz I, 2008).



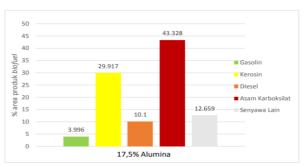
Gambar 4. Contoh Fraksi Biodiesel (C₁₆H₃₄)

Hasil analisis menggunakan metode *Gas Chromatography – Mass Spectroscopy* (GC-MS) untuk variasi 17,5% alumina menunjukan % area produk biogasolin sebanyak 3,996; biokerosin 29,917; biodiesel 10,1; asam karboksilat 43,329; dan senyawa lainya 12,659. Tabel 6 dan Tabel 7 menunjukkan produk utama dan samping bahan bakar nabati yang dihasilkan.

Tabel 6. Produk Utama Bahan Bakar NabatiVariasi%Area%AreaKatalisBiogasolinBiokerosinBiodiesel17,5%Alumina3,99629,91710,1

Tabel 7. Produk Samping Bahan Bakar Nabati				
Variasi Katalis	%Area Asam Karboksilat	%Area Senyawa Lain		
17,5% Alumina	43,328	12,659		

Dapat dilihat pada Gambar 5, secara keseluruhan produk Variasi 17,5% alumina yang diperoleh didominasi oleh asam karboksilat, hal ini disebabkan karena kondisi operasi yang tercapai cukup rendah (210°C). Semakin tinggi suhu yang digunakan, maka semakin rendah bio-oil yang terbentuk (Rahmat D dkk., 2021).



Gambar 5. %Area Produk Bahan Bakar Nabati Variasi 17,5% Alumina

Selanjutnya proses tahap kedua katalis variasi 17,5 % digunakan kembali sebanyak tiga kali dengan umpan sebanyak 111,91 g. Penggunaan ulang katalis ini berpengaruh terhadap produk bahan bakar nabati yang dihasilkan seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Komposisi Produk Tahap-2

Pemakaian	Sludge	Produk (g)		
Katalis	(g)	Cair	Padat	Gas
1 kali	34,12	46,64	24,13	7,02
2 kali	32,37	16,21	24,25	39,08
3 kali	45,12	25,22	1,62	39,95
4 kali	41,52	2,67	7,19	60,53

Pada pemakaian katalis empat kali terjadi peningkatan yang signifikan pada produk gas, hal tersebut dapat disebabkan karena kokas yang menutupi inti aktif katalis semakin banyak, sehingga bagian ZSM-5 yang mengandung asam bronsted tinggi merengkah umpan, katalis yang memiliki tingkat keasaman tinggi menghasilkan produk gas lebih banyak menurut (Benny dan Setiadi, 2006).

Dilakukan pengujian titik nyala pada sampel dan dibandingkan dengan rujukan dan disajikan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9. Titik Nyala Produk Cair

Pemakaian ke-	Titik nyala (°C)
2	50
3	69
4	-

Titik nyala pada pemakaian ke empat tidak dapat diperoleh, karena produk fasa cair yang dihasilkan terlalu sedikit

Tabel 10. Titik Nyala Rujukan

Titik Nyala Bahan Bakar (°C)				
Diesel (SNI 7182 : 2015)	Kerosin (Dirjen Migas, 2020)	Gasolin (Shamsul dkk., 2017)		
≥ 100 °C	≥38 °C	-46°C		

Dari hasil pengujian titik nyala tahap kedua ini dapat diketahui bahwa titik nyala produk tidak ada yang sesuai dengan rujukan namun berada pada rentang kerosin. Hal tersebut dikarenakan masih terdapatnya komponen-komponen lain penyusun bahan bakar nabati (Yusro M, 2015).

Pada penelitian *catalytic cracking* minyak jelantah menggunakan katalis campuran ZSM-5 dan alumina pada kondisi operasi 210°C, produk utama yang diperoleh lebih rendah jika dibandingkan penelitian rujukan, hasil penelitian rujukan yang digunakan disajikan pada Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Penelitian Catalytic Cracking Menggunakan Katalis HZSM-5 Dengan Campuran Alumina

Alumma				
Bahan Baku	Katalis	Kondisi Operasi	Yield (%)	Peneliti
Minyak Sawit	HZSM- 5/Al ₂ O ₃	400°C	Biofuel 63,1	Benny dkk

SIMPULAN

Dalam penelitian ini produk utama bahan bakar nabati berhasil terbentuk, semakin banyak katalis alumina yang digunakan, semakin tinggi persentase produk cair. Persentase produk cair tertinggi didapat pada variasi 17,5% alumina sebesar 41,67%. Produk utama bahan bakar nabati yang dihasilkan diperkuat adanya bukti analisa dengan motode Gas Chromatography - Mass (GC-MS). Spectroscopy Produk utama didominasi oleh biokerosin sebanyak 29,917% dibandingkan biogasolin sebanyak 3,996% dan biodiesel sebanyak 10,1%. Terdapat produk samping berupa asam karboksilat sebanyak 43,328% dan senyawa lainya 9,203% yang disebabkan karena suhu yang digunakan cukup rendah (210°C). Penggunaan katalis berulang memiliki kecenderungan terhadap pembentukan produk cair yang menurun yang disebabkan karena kokas terbentuk yang menyumbat pori-pori katalis.

DAFTAR RUJUKAN

Al-Muttaqii, M. (2016). Rekayasa Katalis Co-Ni/HZSM-5 untuk Memproduksi Biofuel dari Minyak Kemiri Sunan. Institute Teknologi Sepuluh November.

Aziz, I. (2008). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas dalam Reaktor Tangki Alir Berpengaduk.

Cleveland, C Szostak, R., (2011) "Cracking: The Encyclopedia of earth".

Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi (2020). Standar Dan Mutu (Spesifikasi) BBM Jenis Minyak Tanah yang Dipasarkan Di Dalam Negeri

Pratiwi, M. A., Hasan, M. F., Harjanto, L. K., Mahfud (2016). Pembuatan Biokerosin Dari Metil Ester Berbahan Baku Minyak Kelapa Dengan Metode Distilasi Vakum. Institute Teknologi Sepuluh November

Puspitahati, Saleh, E., Eko, S. (2011).
Pemisahan Getah (Gum) Pada Minyak
Nyamplung (*Crude Calophyllum Oil*)
Menggunakan Zeolit Dan Karbon Aktif
Menjadi Rco (*Refine Calophyllum Oil*).
Universitas Sriwijaya

Setiadi, S., & Benny, A. W. (2006). Catalist Performance of Syntetic Zeolite ZSM-5—

- Al2o3 in Cracking Reaction of Palm Oil to Become Gasoline Fraction of Hydrocarbon. Jurnal Zeolit Indonesia, 5(2), 89-95
- Shamsul, N. S., Kamarudin, S., & Rahman, N. A. (2017). Conversion Of Bio-Oil to Bio Gasolin Via Pyrolisis and Hydrothermal: A Review. Renewable and Sustainablle Energy Reviews, 538-549.
- SKK Migas. (2014). Laporan Tahunan SKK Migas 2014.
- SNI 7182:2015 (2015), Biodiesel.
- Sudaryono A & Budiyanto (2010).

 Pembuatan Bahan Bakar Hidrokarbon cair Melalui Raksi Cracking Minyak Pada Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit Preperation. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 20(1), 14-19.
- Rahmat, D. (2011) Sintesis Biodiesel Dari Crude Palm Oil Dengan Katalis Alumina

- Hasil Recovery Limbah Padat Lumpur PDAM Intan Banjar.
- Rahmat, D., Ayu, R., Maulana, R., Andriya, D. (2021) Pengaruh Suhu Pada Proses *Catalytic Cracking* Untuk Upgrading Bio-Oil Dari Hasil Pirolisis Tandan Kosong Sawit (TKS) Dengan Katalisator Lempung Gambut.
- Yusro, M., Yelmida, Zultiniar. (2015) Perengkahan Katalitik *Palm Fatty Acid Distillate* Menjadi *Biofuel* menggunakan Katalis Natrium Karbonat dengan Variasi Temperatur dan Konsentrasi katalis Natrium Karbonat.
- Ong, Y. K., & Bhatia, S. (2010). The status and perspectives of biofuel production via catalytic cracking of edible and nonedible oils. Elsevier, 111-119