



## Preparasi dan Karakterisasi Katalis Mo-Ni/HZ dengan Metode Impregnasi untuk *Cracking* Katalitik Minyak Limbah Cair Pengolahan

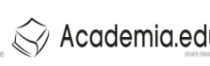
Kelapa Sawit menjadi Bahan Bakar Nabati

Shinta Lestari<sup>\*1</sup>, Agus Sundaryono<sup>2</sup>, Rina Elvia<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP

Universitas Bengkulu

\*email :shintalestari04@gmail.com



### Abstract

This study aims to determine the characteristics of Mo-Ni/HZ catalysts and test the ability of Mo-Ni/HZ catalysts in converting vegetable oils into biofuels through catalytic cracking reactions. Catalyst preparation is carried out by the impregnation method which begins with activation of natural zeolite. Impregnation is carried out by dissolution, reflux, filtration, drying and calcination. Catalyst characterization included the determination of the distribution of metals in zeolites using IR spectroscopic analysis and total acidity of the catalyst by ammonia adsorption gravimetric method. Preparation of samples prior to cracking is heating, degumming and bleaching. Catalytic cracking was carried out at 280°C using Mo-Ni/HZ catalyst for 100 minutes. The constituent components of the cracking results were analyzed by GC-MS and IR spectroscopy. The results obtained from the catalytic cracking process were then determined by physical characteristics which included density, viscosity, fog point and pour point test. Based on the shift of wave number in IR spectroscopy, it can be concluded that the Ni and Mo metals are embedded in the HZ. This Mo-Ni/HZ catalyst has total acidity of 8.39 mmol/g ammonia. The results of the study prove that the Mo-Ni/HZ experiment proved to be able to crack oil from palm oil processing wastewater by 91.46% to composition C=O ester CH aliphatic. The physical characteristics of cracking products have parameters density of 0.93 g/cm<sup>3</sup>, a viscosity of 26.60 cSt, a fog point of 15°C and pour point of 11.67°C.

**Keywords :** Impregnation method, Mo-Ni/HZ catalyst, catalytic cracking

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakteristik katalis Mo-Ni/HZ serta menguji kemampuan dari katalis Mo-Ni/HZ yang diperoleh dalam mengkonversi minyak nabati yang diperoleh dari limbah cair pengolahan kelapa sawit (PMKS) menjadi bahan bakar nabati melalui reaksi *cracking* katalitik. Sampel limbah cair diambil dari PT. Bio Nusantara Bengkulu. Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa katalis zeolit alam aktif (HZ) yang teremban logam Ni dan Mo melalui metode impregnasi. Impregnasi dilakukan dengan cara pelarutan, *refluks*, penyaringan, pengeringan dan kalsinasi. Karakterisasi katalis meliputi penentuan distribusi logam dalam zeolit menggunakan analisis spektroskopi IR dan keasaman total katalis dengan metode gravimetri adsorpsi amonia. Preparasi sampel sebelum dilakukan *cracking* yaitu pemanasan, *degumming* dan *bleaching*. *Cracking* katalitik dilakukan pada suhu 280°C menggunakan katalis Mo-Ni/HZ selama 100 menit dan komponen penyusun hasil *cracking* dianalisis dengan GC-MS dan spektroskopi IR. Hasil elusidasi memperlihatkan terjadi pergeseran bilangan gelombang dari spektrum HZ dari 1047,35 cm<sup>-1</sup> menjadi 1055,06 cm<sup>-1</sup> dan Mo-Ni/HZ dari 796,60 cm<sup>-1</sup> menjadi 800,46 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan bahwa logam Ni dan Mo teremban ke dalam HZ.

Hasil yang diperoleh dari proses *cracking* katalitik diuji karakteristik fisiknya yang meliputi uji densitas, viskositas, titik kabut dan titik tuang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Mo-Ni/HZ memiliki keasaman total sebesar 8,39 mmol/g amonia serta terbukti mampu untuk merengkah minyak yang berasal dari limbah cair pengolahan kelapa sawit sebesar 91,46% dan mengubahnya menjadi senyawa C=O ester dan CH alifatik. Dengan karakteristik fisik densitas produk sebesar 0,93 g/cm<sup>3</sup>, tingkat viskositas 26,60 cSt, titik kabut 15°C dan titik tuang 11,67°C.

**Kata Kunci :** Metode Impregnasi, Katalis Mo-Ni/HZ, *cracking* katalitik

## PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang memiliki jumlah gunung berapi terbesar didunia [1], sehingga terdapat beragam jenis mineral hasil pelapukan dari batuan gunung api yang salah satunya berupa zeolit alam [2]. Oleh sebab itu, zeolit alam sangat melimpah dan mudah didapat di Indonesia [3].

Zeolit adalah salah satu komoditas mineral non logam atau mineral industri multi guna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia

sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan sebagai katalisator [4], sehingga memiliki kemungkinan dapat berfungsi sebagai katalis dalam reaksi perengkahan (*cracking*) [5].

Perengkahan berkatalis (*catalytic cracking*) adalah suatu cara yang digunakan untuk memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul hidrokarbon yang lebih sederhana [6].

Katalis yang digunakan pada reaksi perengkahan umumnya adalah berupa katalis

heterogen [7] yang karakteristik berupa memiliki luas permukaan besar serta situs asam yang tinggi [8].

Nilai keasaman pada suatu katalis sangat mempengaruhi aktifitas katalis dalam perengkahan [9], dikarenakan dalam reaksi perengkahan diperlukan katalis yang memiliki situs asam aktif yang banyak agar produk dapat terbentuk dengan optimal [10].

Keasaman zeolit dapat ditingkatkan dengan cara pengembanan (impregnasi) logam-logam transisi yang memiliki orbital *d* yang belum terisi penuh [11] seperti logam Mo sebagai situs aktif [12] dan Ni sebagai promotor yang menjadikan sifat keasaman katalis menjadi lebih besar lagi dibanding tanpa promotor [13].

Logam-logam tersebut diharapkan terdistribusi secara merata pada pengemban, sehingga menambah luas permukaan sistem katalis [14].

Saat ini, telah banyak dikembangkan penelitian mengenai zeolit alam yang diembanan logam transisi sebagai katalis dalam proses *cracking* [15], dengan berbagai sumber minyak nabati seperti minyak biji nyamplung [16], minyak bintaro [17], minyak laka [18] dan minyak kelapa sawit [19], kesemuanya dalam upaya mengubahnya menjadi bahan bakar nabati.

Minyak kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) memiliki rantai hidrokarbon panjang yang cukup mirip dengan rantai hidrokarbon dalam minyak fosil [20] sehingga memiliki kemungkinan dapat dilakukan *cracking* katalitik untuk menghasilkan bahan bakar nabati [21].

Minyak kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) merupakan komoditas pertanian utama dan unggulan di Indonesia termasuk daerah-daerah yang ada di provinsi Bengkulu [22], yang telah memiliki 19 Pabrik Minyak Kelapa Sawit [23]. Produksi CPO dari pabrik minyak kelapa sawit akan pasti menghasilkan produk samping berupa limbah cair, padat dan gas [24].

Limbah cair yang dihasilkan dari pengolahan CPO masih mengandung minyak di dalamnya sekitar 0,5-1% minyak kelapa sawit [25] sehingga limbah ini masih dapat diolah sebagai sumber biofuel [26].

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan katalis Mo-Ni/HZ sebagai katalis dalam reaksi *cracking* katalitik minyak dari limbah cair pengolahan kelapa sawit menjadi bahan bakar nabati.

## METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu limbah cair pengolahan industri kelapa sawit yang didapat dari kolam penampungan pertama PT Bio Nusantara Bengkulu.

Limbah cair tersebut disaring dengan menggunakan kain sehingga akan terjadi pemisahan antara filtrat dan pengotor kasarnya. Selanjutnya dilakukan tahapan *degumming* dan *bleaching*.

Preparasi zeolit alam untuk bahan katalis meliputi tahapan perendaman, pencucian dan penyaringan, serta pengeringan dan pengaktifan.

Zeolit alam yang akan digunakan terlebih dahulu dibersihkan dengan aquades kemudian ditumbuk dan padatan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam. Padatan kering selanjutnya ditumbuk dan diayak dengan ayakan berukuran 120 mesh.

Serbuk zeolit alam yang diperoleh diberi simbol ZA, dan selanjutnya diaktifkan dengan cara direfluks didalam larutan HCl 2 M dengan perbandingan ZA (g) : HCl 2 M (mL) adalah 1:2 selama 10 menit, dilanjutkan dengan penyaringan dan pencucian dengan aquades sampai pH filtrat yang diperoleh menjadi netral.

Bahan selanjutnya, dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama 3 jam, dan serbuk zeolit yang telah kering ini diberi simbol HZ.

Tahap impregnasi (pengembanan) dilakukan pada zeolit alam aktif (HZ) dengan jumlah logam Mo dan Ni diimpregnasikan sebanyak 2% terhadap HZ dengan perbandingan mol Mo:Ni yaitu 1:1.

Proses impregnasi Logam Ni dilakukan dengan melarutkan 0,3 g garam  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  kedalam aquades 500 mL pada labu alas bulat, lalu ditambahkan HZ sebanyak 80 g.

Selanjutnya campuran direfluks dan diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 90°C selama 6 jam. Setelah mendingin, campuran disaring dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 3 jam, selanjutnya diaktivasi kembali dengan cara kalsinasi menggunakan *muffle furnace* pada suhu 500°C selama 2 jam untuk menghasilkan katalis Ni/HZ.

Selanjutnya dilakukan proses impregnasi logam Mo pada katalis Ni/HZ yang telah diperoleh sebelumnya. Dilarutkan 1,3 g  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  kedalam aquades sebanyak 500 mL di dalam labu alas bulat, kemudian

ditambahkan serbuk Ni/HZ sebanyak 80 g, selanjutnya campuran direfluks sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* pada suhu 90°C selama 6 jam.

Setelah mendingin, campuran disaring dan dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam dengan suhu 110°C dan dilanjutkan dengan proses kalsinasi menggunakan *muffle furnace* pada suhu 500°C selama 2 jam.

Hasil pengeringan dan kalsinasi zeolit alam aktif yang telah diimpregnasi logam Mo dan Ni ini disimbolkan dengan katalis Mo-Ni/HZ.

Karakterisasi terhadap katalis yang diperoleh dilakukan dengan spektrofotometri IR untuk melihat tingkat terbentuknya katalis Mo-Ni/HZ yang telah dipreparasi.

Untuk analisis secara kuantitatif katalis Mo-Ni/HZ dilakukan dengan metode gravimetri adsorpsi amonia. Jumlah situs asam katalis Mo-Ni/HZ ditentukan secara kuantitatif dengan metode gravimetri menggunakan basa amonia, dengan cara memanaskan krus porselen dalam oven selama 1 jam dengan suhu 120°C kemudian krus porselen ditimbang massanya ( $W_1$ ).

Sampel katalis ditimbang sebanyak 0,5 g dimasukkan ke dalam krus porselen kemudian dioven pada suhu 120°C selama 1 jam dan ditimbang kembali ( $W_2$ ). Krus yang telah berisi sampel katalis dimasukkan ke dalam desikator dan ditambahkan amonia 3 mL.

Desikator ditutup dan didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya desikator dibuka dan didiamkan selama 30 menit untuk menguapkan amonia yang tidak teradsorpsi oleh katalis.

Krus porselen dan sampel setelah teradsorpsi amonia ditimbang ( $W_3$ ). Tingkat keasaman dari katalis Mo-Ni/HZ dapat dihitung dengan persamaan :

$$K = \frac{W_3 - W_2}{(W_2 - W_1) \times M} 1000 \frac{\text{mmol}}{\text{g}}$$

Dimana :

K = Tingkat Keasaman

M = Berat molekul basa amonia (g/mol)

Untuk proses cracking, dicampurkan limbah minyak yang telah diolah dan katalis Mo-Ni/HZ dengan perbandingan 100:1 dan dimasukkan ke dalam reaktor, selanjutnya dipanaskan selama 100 menit pada suhu 280°C.

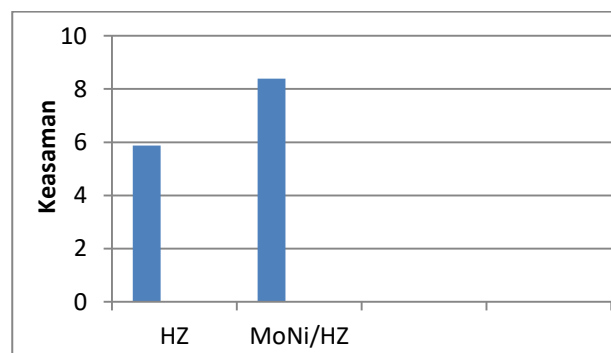
Produk hasil *cracking* dengan katalis Mo-Ni/HZ diuji karakteristik fisiknya yang meliputi densitas, viskositas, titik tuang dan titik kabut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Oktober 2018, yang bertempat di laboratorium FKIP Kimia Universitas Bengkulu.

Analisis kualitatif Spektrofotometri IR dilakukan di laboratorium Riset Kimia Analitik Institut Teknologi Bandung dan sampel limbah cair PMKS diambil dari PT. Bio Nusantara Bengkulu.

Data analisis keasaman dari zeolit alam aktif dan katalis Mo-Ni/HZ ditunjukkan pada gambar 1.

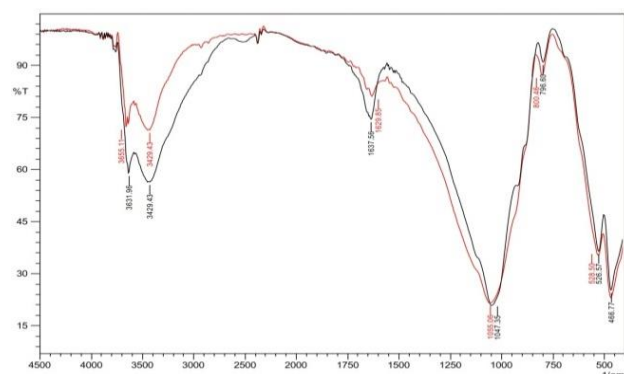


**Gambar 1.** Grafik Tingkat Keasaman Katalis

Berdasarkan gambar 1, jumlah keasaman katalis meningkat dari 5,87 mmol/g menjadi 8,39 mmol/g, yang membuktikan bahwa terjadi peningkatan keasaman dari zeolit alam aktif yang telah diimbangi logam Ni dan Mo.

Hal ini menunjukkan bahwa terbentuknya situs asam Bronsted dan asam Lewis [26]. Logam Ni dan Mo yang memiliki orbital kosong *d* dapat menerima pasangan elektron dari amonium, karena itu logam akan berperan sebagai asam Lewis, sedangkan pada Si-OH terjadi interaksi H (asam Bronsted) dengan pasangan elektron bebas pada amonia [27].

Karakterisasi terhadap katalis dengan spektrofotometri IR diperoleh seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.



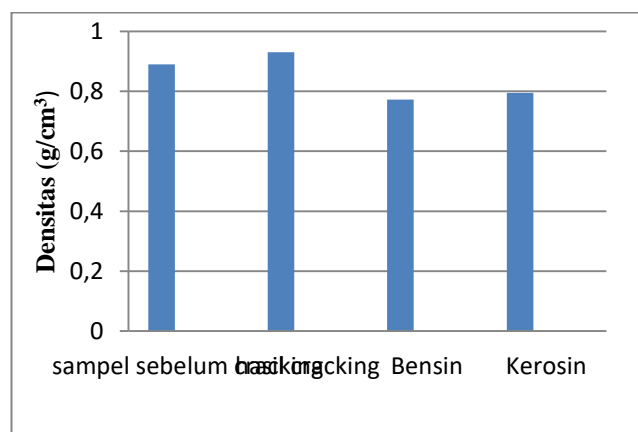
**Gambar 2.** Spektra IR Zeolit Alam Aktif (HZ) dan Katalis Mo-Ni/HZ

Pada gambar 2 terlihat spektra IR yang diperoleh menghasilkan puncak serapan yang berbeda antara HZ dengan Mo-Ni/HZ, yang terlihat dari terjadinya pergeseran bilangan gelombang dari spektrum HZ dan Mo-Ni/HZ yaitu pada bilangan gelombang  $1047,35 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1055,06 \text{ cm}^{-1}$  dan pada  $796,60 \text{ cm}^{-1}$  menjadi  $800,46 \text{ cm}^{-1}$ .

Hal ini mengindikasikan terjadinya perubahan ikatan pada senyawa tersebut yang dilihat dari pergeseran serapan pada bilangan gelombang akibat adanya perubahan interaksi pada zeolit alam aktif tersebut [28].

Untuk produk hasil *cracking* diperoleh memiliki kandungan gugus fungsi seperti yang terdapat di dalam bahan bakar nabati. Besarnya persentase konversi reaktan menjadi produk dari reaksi *cracking* menggunakan katalis Mo-Ni/HZ diperoleh sebesar 91,46%.

Hasil uji karakteristik fisik bahan bakar nabati hasil *cracking* menggunakan katalis Mo-Ni/HZ adalah sebagai berikut (Gambar 3) :



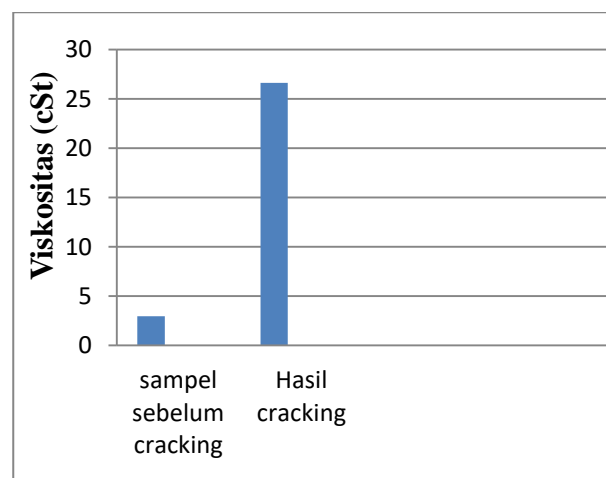
**Gambar 3.** Grafik Densitas Sampel Sebelum Craking, Bensin Dan Kerosin

Dari gambar 3, diperoleh bahwa densitas produk hasil *cracking* lebih besar dibanding sampel sebelum *cracking*, bensin dan kerosin. Densitas dari sampel sebelum *cracking* sebesar  $0,89 \text{ g/cm}^3$  telah memenuhi densitas standar SNI 7182-2015 yaitu pada antara  $0,85\text{-}0,89 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan untuk hasil *cracking* yang diperoleh terjadi peningkatan dari densitas sesudah *cracking* meningkat menjadi  $0,9306 \text{ g/cm}^3$ .

Besarnya nilai densitas berkaitan dengan nilai kalor dan daya yang dihasilkan oleh pembakaran serta menyatakan bahwa semakin banyak komponen yang terkandung di dalamnya.

Banyaknya komponen yang terkandung dalam minyak memperpanjang proses atomisasi komponen-komponen penyusun minyak saat pembakaran, sehingga akan meningkatkan nilai kalor hasil pembakaran minyak [29].

Hasil uji viskositas ditentukan menggunakan alat viscometer Ostwald yang diukur pada suhu  $40^\circ\text{C}$ . Perbandingan viskositas produk hasil *cracking* dan sebelum *cracking* dapat dilihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Grafik Viskositas Sampel Sebelum Cracking Dan Hasil Cracking

Berdasarkan standar SNI 7182-2015, viskositas untuk biofuel adalah  $2,3\text{-}6,0 \text{ cSt}$ . Dari grafik terlihat adanya perbedaan viskositas yang sangat jauh antara produk hasil *cracking* dengan sampel sebelum *cracking*.

Dari gambar 4 diperoleh hasil uji viskositas hasil *cracking* yang diperoleh belum menyamai viskositas bensin maupun kerosin, sehingga belum bisa untuk digunakan sebagai bahan bakar pengganti dari bensin dan kerosin.

Untuk hasil uji penentuan temperatur titik tuang dan titik kabut dari produk hasil *cracking* dan sampel sebelum *cracking* bensin dan kerosin dapat dilihat pada tabel 1 .

**Tabel 1.** Perbandingan Titik Kabut Dan Titik Tuang Hasil *Cracking* dan Sampel sebelum *cracking*, Bensin Dan Kerosin

Parameter	Hasil <i>Cracking</i> (°C)	Sampel sebelum <i>cracking</i> (°C)	Bensin (°C)	Kerosin (°C)
Titik Kabut	15	14,3	1	1
Titik Tuang	11,67	11,6	0	0

Berdasarkan standar SNI 7182-2015 titik kabut dan titik tuang untuk biofuel adalah maksimal 18<sup>0</sup>C sehingga produk yang dihasilkan ini memiliki titik kabut dan titik tuang yang memenuhi standar SNI, walaupun masih sangat jauh diatas bensin dan kerosin sehingga belum dapat digunakan secara langsung menggantikan fungsi bensin dan kerosin sebagai bahan bakar.

Hasil uji karakteristik fisik dari produk hasil *cracking* katalitik minyak limbah cair pengolahan kelapa sawit menggunakan katalis Mo-Ni/HZ menunjukkan bahwa hasil *cracking* tersebut belum memenuhi standar bahan bakar yang ditetapkan.

Hal ini diduga karena hasil *cracking* yang diperoleh masih mengandung senyawa alifatik dengan rantai hidrokarbon yang cukup panjang (hidrokarbon rantai berat) sebagai akibat dari *cracking* yang tidak berjalan dengan baik.

Keberadaan dari gugus asam karboksilat yang terdapat dalam minyak kelapa sawit memiliki sifat *inert* terhadap kebanyakan zat pereduksi seperti hidrogen dan katalis [30]. Kelambanan ini dapat direaktifkan dengan merubah asam karboksilat menjadi suatu ester [31].

## SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis Mo-Ni/HZ mampu merengkah minyak sawit menjadi biofuel. Katalis Mo-Ni/HZ yang dipreparasi dengan metode impregnasi memiliki tingkat keasaman sebesar 8,39 mmol/g.

Berdasarkan analisis spektroskopi IR terjadi pergeseran bilangan gelombang pada

zeolit alam aktif sebelum dan setelah impregnasi logam sehingga dapat dikatakan bahwa logam Mo dan Ni telah teremban pada zeolit alam aktif tersebut.

Hasil *cracking* katalitik dari minyak dari limbah cair pengolahan kelapa sawit dengan katalis Mo-Ni/HZ menghasilkan produk dengan karakteristik fisik berupa densitas 0,93 g/cm<sup>3</sup>, viskositas 26,60 cSt, titik pengkabutan 15<sup>0</sup>C dan titik tuang 11,67<sup>0</sup>C.

Produk *cracking* yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu bahan bakar nasional sehingga belum bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti bensin dan kerosin.

## SARAN

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perengkahan thermal untuk melihat adanya perbedaan antara perengkahan thermal dan katalitik, serta dilakukan pemurnian lebih lanjut untuk produk yang dihasilkan agar dapat terdeteksi oleh alat GC-MS, dan dilakukan analisis yang lain untuk mengetahui karakteristik katalis yang lebih spesifik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gosal , L.C., , Raymond Ch. Tarore , Hendriek H. Karongkong ., Analisis Spasial Tingkat Kerentanan Bencana Gunung Api Lokon Di Kota Tomohon, *Jurnal Spasial* , 2018: 5(2): 229-237.
- [2] Herald, E., Hisyam SW, Sulistiyono , Karakterisasi dan Aktivasi Zeolit Alam Ponorogo, , *Indonesian Journal of Chemistry*, 2003, 3 (2), 91-97.
- [3] Kusdarto.,Potensi Zeolit Di Indonesia, *Jurnal Zeolit Indonesia* , 2008: 7(2): 78-112
- [4] Haryadi ,H., Perkembangan Dan Prospek Bahan Galian Non Logam Indonesia, *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara* , 2010 : 6(1): 45 – 63
- [5] Nurhadi,M., Wega Trisunaryanti, M.Utoro Yahya, Bambang Setiaji., Karakterisasi dan Modifikasi Zeolit Alam dan Sifat Perengkahannya Terhadap Fraksi Minyak Bumi, *Indonesian Journal of Chemistry*, 1997: 1(1): 7-10.
- [6] Sari, D.K., Agus Sundaryono, Dewi Handayani, Uji Biofuel Hasil

- Perengkahan Metil Ester Dari Limbah Cair Pabrik Minyak Kelapa Sawit Dengan Katalis MoNi/HZ , *Alotrop* ,2017: 1( 2): 127-131.
- [7] Muryati., T.S., Agus Sundaryono, Dewi Handayani, Pembuatan Biofuel dari Limbah Cair PMKS dengan Katalis MoCo-HZ, *Alotrop* : 2018 : 2(2): 161-165.
- [8] Anwaristiawan, D., Harjito, Nuni Widiarti, Modifikasi Katalis BaO/Zeolit Y pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Biji Jarak (*Jatropha Curcas* L.) menjadi Biodiesel, *Indo. J. Chem. Sci*, 2018: 7 (3) : 292-298.
- [9] Susgadarsukawati,N.F.,Sigit Priatmoko, Sri Wahyuni., Preparasi Dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Sebagai Katalis Perengkahan Sampah Plastik HDPE, *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2012, 1 (1) : 68-73.
- [10] Ramadhani, D.G., Nur Fitri Fatimah, Alfian Wahyu Sarjono, Heri Setyoko, Nanik Dwi Nuhayati, Sintesis Ni/Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sebagai Katalis Pada Biodiesel Minyak Biji Ketapang., *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia (JKPK)*, 2017: 2 (1) , 72-79
- [11] Trisunaryanti,W.,Endang Triwahyuni , Sri Sudiono., Preparasi,Karakterisasi dan Modifikasi Katalis Ni-Pd/Zeolit Alam, *Indo. J. Chem.*, 2005, 5 (1): 48 - 53
- [12] Nugrahaningtyas,K.D.,Yuniawan Hidayat, Prima Susan Prayekti, Aktivitas Dan Selektivitas Katalis Mo-Co/USY Pada Reaksi Hidrode oksigenasi Anisol, *Jurnal Penelitian Saintek*, 2015: 20 (1): 19-28.
- [13] Efiyanti,L., Darma Santi, Pengaruh Katalis NiO Dan NiOMoO Terhadap Perengkahan Minyak Cangkang Biji Jambu Mete, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* , 2016: 34 (3): 189-197.
- [14] Trisunaryanti, W., Endang Triwahyuni dan Sri Sudiono, Preparasi , Modifikasi Dan Karakterisasi Katalis Ni-Mo/Zeolit Alam Dan Mo-Ni/Zeolit Alam, *TEKNOIN*, 2005 : 10 (4): 269-282.
- [15] Rodiansono1, Wega Trisunaryanti, Triyono, Pembuatan , Karakterisasi Dan Uji Aktivitas Katalis NiMo/Z DAN NiMo/Z-Nb2O5 Pada Reaksi Hidrorengkah Fraksi Sampah Plastik Menjadi Fraksi Bensin, , *Berkala MIPA*,17 (2),Mei 2007 : 43-54.
- [16] Dahyaningsih, E., Rahmasari Ibrahim, Achmad Roesyadi., Pembuatan Biofuel dari Minyak Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L) Melalui Proses Hydro cracking dengan Katalis Ni-Mo/Zeolit, *Jurnal Teknik POMITS* , 2013: 2(1): 1-5.
- [17] Armalita,R.D.,Syaiful Bahri, Yusnimar, Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Bintaro Dengan Reaksi Trans esterifikasi Dan Katalis Lempung, , *JOM FTEKNIK*, 2015: 2 (2): 1-6.
- [18] Santi, D., Lisna Efiyanti, Hidrorengkah Minyak Laka Menggunakan Katalis NiO/Zeolit Alam Aktif Menjadi Fraksi Berpotensi Energi, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 2014: 32 (2): 93-102.
- [19] Badriyah, L., Iip Izul Falah, Produksi Gasoline Dari Minyak Kelapa Sawit Menggunakan Katalis Ni-MCM-41 Dan Co/Ni-MCM-41, *Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 2017: 2(1): 22-28.
- [20] Wijanarko, A., Dadi Ahmad Mawardi, dan Mohammad Nasikin, Produksi Biogasoline Dari Minyak Sawit Melalui Reaksi Perengkahan Katalitik Dengan Katalis  $\gamma$ -Allumina , *MAKARA, Teknologi* , 2006: 10 (2): 51-60
- [21] Buchori, L., Widayat, Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Dengan Proses Catalytic Cracking, *TEKNIK* , 2007: 28 (2): 83-93.
- [22] Lestari, D.A., Efektivitas Indonesia Dalam Penentuan Harga CPO (Crude Palm Oil) Di Pasar Komoditas Internasional Tahun 2007-2011, *Jom FISIP*, 2015: 2 (2): 1-12.
- [23] Sumartono , E., Melly Suryanty , Redy Badrudin , Agus Rohman, Analisis Pemasaran Tandan Buah Segar Kelapa Sawit di Kecamatan Putri Hijau, Kabupaten Bengkulu Utara, *AGRARIS: Journal of Agribusiness and Rural Development Research*, 2018: 4 (1):



- 28-35.
- [24] Zulkifli, A., Analisis Kelayakan Potensi Pembangunan PLT Bg POME Di Wilayah Perkebunan Sawit, *Jurnal PASTI*, 2016: 10(2): 192-207.
- [25] Nursanti,I., Karakteristik Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Pada Proses Pengolahan Anaerob Dan Aerob, *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi* , 2013: 13 (4): 67-73.
- [26] Nugrahaningtyas,K.D.,Wega Trisunar -yanti, Triyono, Nuryono, Dian Maruto Widjonarko, Ari Yusnani, Mulyani, Preparasi dan Karakterisasi Katalis Logam Tak Tersulfidasi : Ni/ USY dan NiMo/USY, *Indo. J. Chem*, 2009, 9 (2): 77-183.
- [27] Efiyanti,L.,Wega Trisunaryanti, Hidro rengkah Katalitik Minyak Kulit Biji Jambu Mete (CNSL) Menjadi Fraksi Bensin Dan Diesel, , *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 2014: 32 (1): 71-81
- [28] Nasution, Z.A., Siti Masriani Rambe, Karakterisasi Dan Identifikasi Gugus Fungsi Dari Karbon Cangkang Kelapa Sawit Dengan Metode Methano-Pyrolysis, *Jurnal Dinamika Penelitian Industri* , 2013: 24 (2): 108-113.
- [29] Adhani, L., Isalmi Aziz, Siti Nurbayti, Cristie Odi Oktaviana, Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas, *VALENSI :Jurnal Penelitian dan Pengembangan Ilmu Kimia*, 2016: 2(1): 71-80.
- [30] Fessenden, Ralp J. dan Joan S. Fessenden.1999. *Kimia Organik* Edisi Ketiga Jilid 2.Translated by Aloysius Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga:ISBN 22-00-005-3
- [31] Handoko ,D.S.P.,Aktivitas Katalis Ni/H5-NZA Dan Mekanismenya Pada Konversi Jelantah Menjadi Senyawa Fraksi Solar Dan Bensin Dengan Umpan Pancingan Jenis Metanol Dan Butanol, *JPMS*, 2006: 11(1): 132-142.
- Lestari, S., Agus Sundaryono, Rina Elvia. Preparasi dan Karakterisasi Katalis Mo-Ni/HZ dengan Metode Impregnasi untuk *Cracking* Katalitik Minyak Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit menjadi Bahan Bakar Nabati, *Alotrop*, 2019: 3(1): 91-97

