

## Modifikasi Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dengan Penambahan Promotor K Dan P Untuk Mengonversi *Crude Palm Oil* Menjadi *Green Diesel*

Dinah Wika Maharani\*<sup>1</sup>, Jaksen<sup>2</sup>, Muhammad Yerizam<sup>3</sup>, Ahmad Zikri<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negri Sriwijaya, Indonesia  
Email: dinahwika21@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh katalis dengan metode impregnasi kering, mendapatkan persen *yield* tertinggi dari proses hydrotreating dan produk yang memiliki karakteristik seperti bahan bakar diesel dari minyak bumi. Variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini berupa jumlah katalis, pada waktu reaksi 5 jam. Katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dibantu promotor P dan K berfungsi dalam mengurangi pembentukan *coke* dan meningkatkan penguraian molybdenum di dalam katalis. Parameter yang akan diamati adalah densitas, viskositas, kadar air, titik nyala, persen *yield*, nilai kalor, dan *cetane number*. Pemakaian katalis sebesar 40g dalam 2000 ml sampel merupakan kondisi optimum pada penelitian ini dan menghasilkan persentase *yield* sebesar 34,46%. Sifat fisik *green diesel* yang diperoleh dari penelitian ini, antara lain densitas (773,94 – 778,26 kg/m<sup>3</sup>), viskositas (2,41 – 2,58 mm<sup>2</sup>/s), dan titik nyala (55,1 – 56,9 °C).

**Kata kunci:** *Green diesel*, Hydrotreating, NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Promotor K dan P.

## Modification of NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Catalyst With K and P Promoters Addition To Convert *Crude Palm Oil* Into *Green Diesel*

### Abstract

This study was conducted to obtain a catalyst using the dry impregnation method, to obtain the highest percentage yield from the hydrotreating process and a product that has characteristics such as diesel fuel from petroleum. Variable control in this study is amount of catalyst, on 5 hour operating time. Catalyst NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> added promoter K and P have a function reduce formation of coke and increase molybdenum factorization in the catalyst. Parameter to be absorbed are density, viscosity, water content, flash point, percent yield, heating value, and cetane number. The using catalyst of 40g into 2000 ml sample is the optimum condition in this study and produce yield percentage 34,46%. Physical properties of greendiesel which is obtained among others density (773,94 – 778,26 kg/m<sup>3</sup>), viscosity (2,41 – 2,58 mm<sup>2</sup>/s) and flash point (55,1 – 56,9 °C).

**Keywords:** *Green diesel*, Hydrotreating, K and P Promoters, NiMo/  $\gamma$ - Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

## 1. PENDAHULUAN

Industri kelapa sawit memiliki banyak keunggulan karna salah satu minyak nabati yang paling produktif dan efisien serta sebagai bahan baku dominan minyak goreng di dalam negeri. Produksi minyak sawit Indonesia bulan Februari sebesar 3.079 ribu ton dan bulan Maret sebesar 3.712 ribu ton [ 1]. Salah satu cara memanfaatkan minyak sawit dalam upaya meminimalisir tingkat impor BBM dengan memproduksi bahan bakar nabati [2]. Minyak sawit (CPO dan RBDPO) dapat dikembangkan menjadi produk biodiesel dan *green diesel*. *Green diesel* adalah bahan bakar hidrokarbon non-oksigen yang diproduksi dari minyak nabati [3] serta memiliki struktur hidrokarbon menyerupai hidrokarbon minyak solar yang berasal dari fosil.

Metode dalam pembuatan *green diesel* dengan proses hydrotreating, yaitu reaksi hidroleoksisenasi dengan yang melibatkan gas hydrogen [4]. Terjadi reaksi samping dari proses hydrotreating yaitu reaksi pembentuk *coke* yang dapat mendeaktivasi katalis [5]. Katalis bekerja dengan cara mengubah jalur mekanisme reaksi, umumnya katalis yang digunakan untuk proses hydrotreating merupakan jenis katalis heterogen yaitu katalis dengan fasa yang berbeda dengan reaktannya. Katalis memiliki tiga komponen yaitu komponen aktif, pengemban/penyangga, dan promotor. Pada reaksi hidroleoksisenasi, jenis katalis dapat berpengaruh terhadap *yield* produk yang dihasilkan [6].

Katalis logam yaitu NiMo dapat memberikan efek dalam mempercepat reaksi hidroleoksisenasi, berdasarkan zat yang terkandung pada katalis. Reaksi hidroleoksisenasi merupakan reaksi yang menghasilkan

panas. Gamma Alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) merupakan jenis penyangga memiliki luas area spesifik 250- 350 m<sup>2</sup> /g dan salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai molekul katalis dalam otomotif dan industri petroleum serta berfungsi sebagai pelapis tahan panas [7]. Penyangga ini cukup stabil pada suhu tinggi dan memiliki titik leleh yang tinggi, serta dapat direaksikan dengan gas hydrogen. Berdasarkan penelitian sebelumnya [8] *yield* mengalami penurunan pada waktu reaksi 2x90 menit karena terjadinya deaktivasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Penelitian [9] konversi tar pada temperature 700°C dan menghasilkan kokas, karna tar yang sudah diproses masih terjebak didalam katalis. Deaktivasi katalis merupakan penurunan aktivitas dan selektivitas katalis disebabkan peracunan, pencemaran dan penggumpalan [10]. Untuk mengurangi terjadi pembentukan deposit karbon pada reaksi hydrotreating adalah dengan memberi efek positif pada katalis yaitu dengan menambahkan promotor yang akan meningkatkan luas permukaan sehingga menghambat terjadinya reaksi samping atau meningkatnya aktivitas katalitik per unit luas permukaan. Upaya dalam mengatasi reaksi samping pembentukan karbon pada reaksi hydrotreating penelitian ini akan melakukan modifikasi katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan penambahan promotor K dan P yang diperoleh dari K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> dan 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>, 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 mengurangi pembentukan *coke* dan meningkatkan penguraian molybdenum di dalam katalis. Metode impregnasi dan kalsinasi digunakan agar dapat menghasilkan katalis yang mampu mengarahkan reaksi dalam proses konversi CPO menjadi green diesel. Penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan katalis yang dapat menurunkan energi aktivasi dan meningkatkan selektivitas.

## 2. METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate 0,87 M, Nickel (II) Nitrate Hexahydrate (NiNO<sub>3</sub>.6H<sub>2</sub>O) 2,02 M, Gamma Alumina ( $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Potasium Karbonat (K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), Dekstrin, Aquadest, Crude Palm Oil, dan gas Hidrogen (H<sub>2</sub>).

### 2.1. Modifikasi Katalis

Katalis yang digunakan pada penelitian ini adalah katalis Nikel Molibdenum dengan support berupa alumina (NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) dengan promotor K dan P. Proses modifikasi katalis dengan melakukan impregnasi kering  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> teraktivasi sebanyak 11,9047g dengan larutan precursor Ammonium Heptamolybdate Tetrahydrate, Nikel Nitrat Heksahidrat, dan potasium karbonat kemudian dikeringkan. Katalis didinginkan selanjutnya dikalsinasi pada suhu 550°C selama 5 jam, dilanjutkan dengan penambahan asam fosfat dekstrin. Katalis dihomogenkan kemudian siap dicetak menggunakan mesin pencetak pelet.

### 2.2. Karakteristik Katalis

NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan promotor K dan P Karakterisasi katalis menggunakan Analisa X-Ray Diffraction (XRD) untuk mengidentifikasi fase bahan kristal dan sebagai acuan untuk melihat susunan struktur senyawa.

### 2.3. Proses Konversi CPO menjadi Green Diesel

CPO (2L) direaksikan dengan gas hydrogen (4bar) serta katalis dalam bentuk pelet dengan variasi jumlah katalis 20g, 30g, 40g, 50g, dan 60g menggunakan reactor hydrotreating. Proses berlangsung pada temperature 410°C selama 5 jam. Produk berupa gas keluar melalui kondensor, kemudian gas tersebut terkondensasi sehingga berubah fasa menjadi cair, volume produk diukur kemudian dianalisa.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Modifikasi Katalis

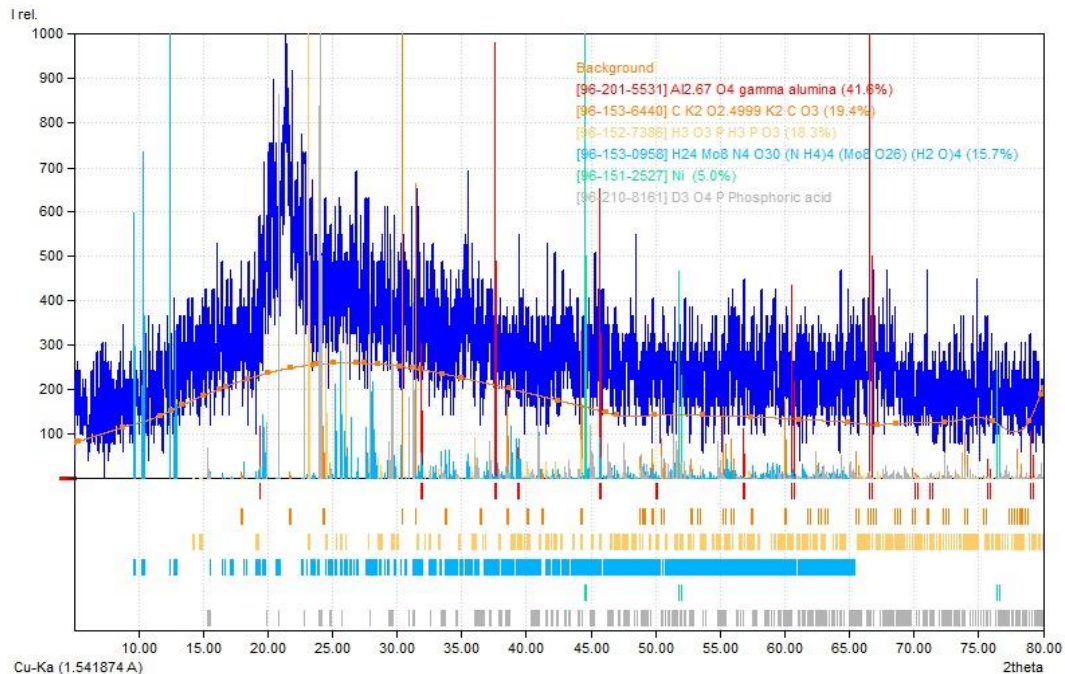
Katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> merupakan jenis katalis heterogen berbentuk pellet pada Gambar 1. Struktur katalis yang keras karna mengandung logam dan kekuatan mekanik yang tinggi dan berwarna hijau kebiruan.

### 3.2. Karakterisasi dengan metode XRD

Hasil analisa XRD menunjukkan ukuran kristal 30,60 nm, bentuk kristal hexagonal dengan komposisi asam fosfat 48%, gamma alumina 31,3%, potasium karbonat 14,6%, nikel 4,2%, dan molybdenum 2%. Dapat dilihat pada Gambar.2 pola difraktogram katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



Gambar 1. Katalis NiMo/-  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan promotor K dan P



Gambar 2. Hasil Karakterisasi dengan metode XRD

### 3.3. Produk *Green Diesel*

#### 3.3.1 Uji Densitas

Densitas atau massa jenis adalah pengukuran massa tiap satuan volume benda, karena setiap zat memiliki massa jenis yang berbeda. Densitas produk berkisar 773,94 - 778,26 kg/m<sup>3</sup> berarti telah memenuhi *Green Diesel European Standards* range densitas 765 kg/m<sup>3</sup> sampai 800 kg/m<sup>3</sup> pada Gambar 3. Reaksi hydrotreating melepas kalor sehingga temperatur naik dan dapat mendorong kesetimbangan ke arah produk [11].

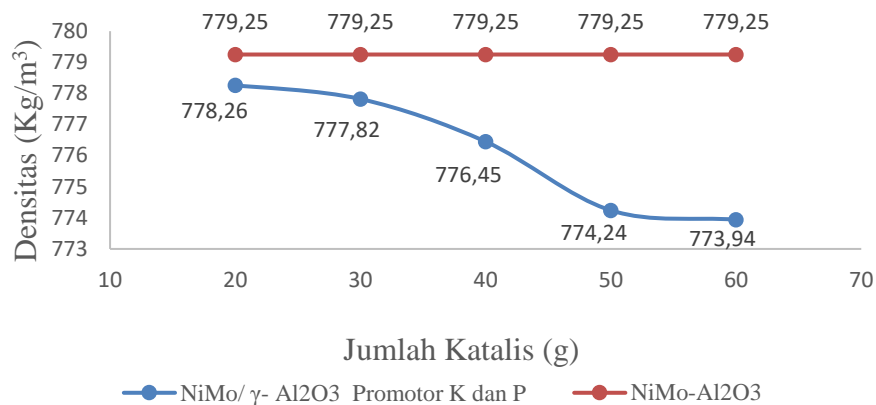
Semakin banyak katalis yang digunakan maka menghasilkan produk dengan densitas yang lebih rendah. Hal ini menunjukkan senyawa ionic dari promotor pada katalis mampu mempengaruhi kesetabilan molekul [12].

#### 3.3.2 Uji Viskositas

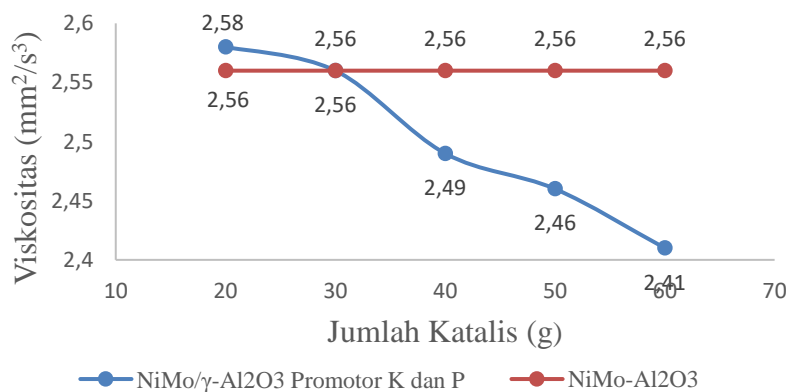
Pengukuran suatu viskositas bertujuan untuk mengetahui kekentalan minyak pada suhu tertentu sehingga minyak dapat dialirkan pada suhu tersebut. Faktor yang dapat mempengaruhi viskositas yaitu tekanan, temperature, zat lain (katalis), ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, dan konsentrasi dalam larutan.

Viskositas dari green diesel menurut *Green Diesel European Standards* adalah 2 - 4,5 mm<sup>2</sup> /s [13]. Dari Gambar 4. dapat diamati bahwa viskositas produk yang diperoleh berkisar antara 2,41-2,58 mm<sup>2</sup> /s dimana

viskositas produk green diesel yang diperoleh pada penelitian ini sudah sesuai dengan standar yang digunakan. Jumlah katalis mempengaruhi viskositas dan sebanding dengan densitas. Semakin banyak jumlah katalis maka nilai viskositas cenderung menurun, hal ini dikarenakan semakin banyak katalis yang digunakan maka akan menurunkan energi aktivasi dan membuat reaksi berjalan lebih cepat. Katalis berperan dalam memutus ikatan rantai panjang karbon asam lemak menjadi rantai pendek maka densitas green diesel rendah viskositas juga akan rendah. Hal ini dikarenakan katalis mengandung promotor K yang dapat meningkatkan produk fraksi ringan pada reaksi hydrotreating.



Gambar 3. Pengaruh jumlah katalis terhadap densitas green diesel



Gambar 4. Pengaruh jumlah katalis terhadap viskositas green diesel

### 3.3.3 Uji Titik Nyala

Pengujian *flash point* untuk melihat titik terendah bahan bakar dapat menyala ketika berada diudara, menggunakan *flash point tester*. Semakin tinggi titik nyala, maka semakin mudah proses penyimpanan bahan bakar. Menurut *Green Diesel European Standards*, *Green diesel* memiliki titik nyala minimal 55°C.

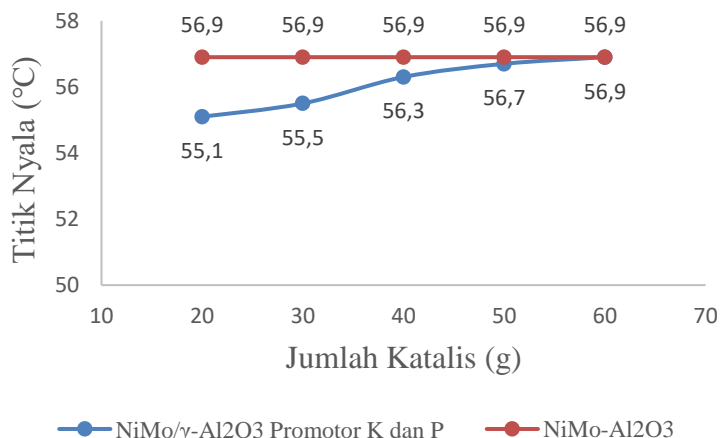
Dari Gambar 5. menunjukkan peningkatan nilai titik nyala yang berbanding lurus dengan peningkatan jumlah katalis NiMo/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Jumlah Katalis dan temperatur yang tinggi akan mempercepat molekul trigliserida untuk dikonversi sehingga proses perengkahan.

### 3.3.4 Persentase yield green diesel

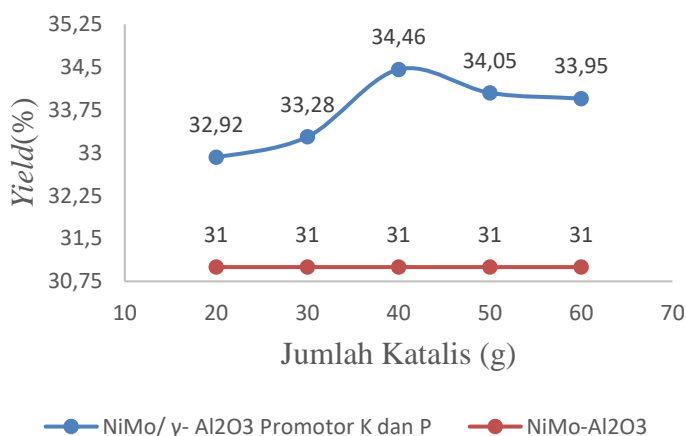
Persentase yield merupakan jumlah produk yang dihasilkan dari jumlah bahan baku yang diumpankan. Pada penelitian ini, persen yield yang dihitung adalah jumlah green diesel terhadap jumlah CPO yang diumpankan.

Pada Gambar 6. dapat dilihat yield green diesel semakin bertambah seiring penambahan jumlah katalis yang digunakan dalam proses hydrotreating. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah katalis yang ditambahkan berperan untuk meningkatkan produk green diesel. Penambahan jumlah katalis akan memperbesar peluang reaktan untuk saling bereaksi lebih banyak untuk menghasilkan produk. Semakin banyak katalis maka semakin tinggi konsentrasi yang mengakibatkan tumbukan antar partikel lebih sering terjadi. yield green diesel tertinggi diperoleh ketika

penambahan katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 40g yaitu 34,46%. yield katalis tanpa dimodifikasi cenderung lebih rendah karna komposisi katalis NiMo/  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> termodifikasi dengan penambahan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> pada pengemban akan meningkatkan sisi asam Brönsted kemudian mengikat hidrogen dan melepaskan hidrogen tersebut untuk berikatan pada minyak nabati yang dihidrodeoksigenasi [14] sehingga menghasilkan volume produk yang tinggi dan yield yang tinggi



Gambar 5. Pengaruh Jumlah Katalis terhadap titik nyala *green diesel*



Gambar 6. Pengaruh jumlah katalis terhadap *yield green diesel*

#### 4. KESIMPULAN

Katalis yang dimodifikasi dapat mengurangi deposit karbon karna katalis mengandung senyawa ionic dari promotor K dan P yang dapat mengendalikan kekuatan ion. Peningkatan kekuatan Ion dapat mengurangi ketebalan lapisan akibat adanya kontak pada partikel dengan CPO. Lapisan ini merupakan coke / kokas dari reaksi samping pada proses hydrotreating yang dipengaruhi kondisi operasi, waktu, dan tekanan gas hydrogen.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Author, “Produksi Mulai naik, Tetapi Stok Masih Ketat,” 2021. <https://gapki.id/news/19214/produksi-mulai-naik-tetapi-stok-masih-ketat>. (accessed April 28, 2021).
- [2] Author, “Mampu Produksi Green Diesel Berkualitas, Menperin Yakin RI Siap Daulat Energi,” 2020. <https://kemenperin.go.id/artikel/21836/Mampu-Produksi-Green-Diesel-Berkualitas, Menperin Yakin-RI-Siap-Daulat-Energi>. (accessed Jul 15, 2020).

- 
- [3] M. F. Kamaruzaman, Y. H. Taufiq-Yap, and D. Derawi, "Green Diesel Production From Fatty Acid Disstillate Over SBA-15 Supported Nickel, Cobalt, and Nickel/Cobalt Catalyst", *Biomass and Bioenergy*, vol. 134, 2020.
- [4] M. Mohammad, T. K. Hari, Z. Yakoob, Y. C. Sharma, and K. Sopian, "Overview On the Production of Paraffin based-Biofuels Via Catalytic Hydrodeoxygenation", *Renewable and Sustainable Energy Review*, vol. 22, pp. 121-132, 2020.
- [5] A. T. Madsen, "Catalytic Production of Biodiesel", *Centre for Catalysis and Sustainable Chemistry*, 2011.
- [6] T. Hudaya, and I. G. Wiratama, "Kajian Kinerja Katalis Ni-Mo-S/gamma-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Proses Hydrotreating Minyak Biji Kapok (Ceiba Pentandara) Untuk Sintesa Bihidrokarbon", *Laporan Penelitian*, Universitas Katolik Parahyagan, Bandung, 2015.
- [7] E. Yanuar, Zulkifli, W. Sarwana, and E. P. Ramdhani, "Sintesis  $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Dari Zeolit Alam Sumbawa", *Jurnal Zarah*, Vol. 6 No. 2, pp. 59-62, 2018.
- [8] R. A. Ristanti, B. P. Sagara, S. D. S. Murti, and S. Redjeki, "Pembuatan green diesel dari minyak biji kapok (ceiba pentandra) menggunakan katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan proses hidrogenasi dan fraksinasi", *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 15, no. 1, 2020.
- [9] A. Warsito, "Kualitas Produksi Gas Gasifikasi dengan Bahan Baku Kayu Pellet Meningkatkan Pada Penghapusan Panas-Katalis dan Penambahan Air," *TRAKSI*, vol. 16, 2016.
- [10] Sarwan, "Hidrosulfurisasi dan Hidrodearomatisasi Fraksi Heavy Gas Oil Menggunakan Katalis NiMo/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dengan Penambahan ZSM-5, ZHY dan Silika Amorf", FMIPA Universitas Islam Syrief Hidayatullah, Jakarta, 2020.
- [11] I. W. Suarsa, "Teori Tumbukan Pada Laju Reaksi Kimia", Departemen Kimia Universitas Udayana, Bali, 2017.
- [12] Y. Wahyono, H. Sutanto, and E. Hidayanto, "Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH", *Youngster Physics Journal*, ISSN: 2302 - 7371 vol. 6, no. 4, pp. 353- 359, 2017.
- [13] S. L. Douvartzides, N. D. Charisiou, K. N. Papageridis, and M. A. Goula, "Green Diesel: Biomass Feedstocks, Production Technologies, Catalytic Research, Fuel Properties and Performance in Compression Ignition Internal Combustion Engines," *Energies*, vol. 12, pp. 809, 2019.
- [14] M. Ulfah, and Subagjo, "Pengaruh Perbedaan Sifat Ppenyangga Alumina Terhadap Sifat Katalis Hydrotreating Berbasis Nikel-Molibdenum", *Reaktor*, vol. 14, no.2, 2012.