

KONVERSI PELUMAS SAE 5W-30 BEKAS MENJADI BAHAN BAKAR CAIR DENGAN PROSES *HYDROCRACKING* BERBASIS KATALIS

Yohandri Bow*¹, Sutini Pujiastuti Lestari², Fatria³, Muhammad Reza Ramlan⁴,
Heru Afriansyah⁵, Miranda Roulina⁶

^{1,2,3,4,5,6}Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknik Energi, Politeknik Negeri
Sriwijaya, Bukit Besar, Palembang, Indonesia

*e-mail: yohandri@polsri.ac.id

Abstract

The number of passenger automobiles, buses, cargo cars, and motorcyclists on the road in Indonesia continues to rise year after year. According to the Central Statistics Agency, the number of transportation equipment in 2015 was 105,303,318 million, up 6.5 percent from the previous year. In 2016, it was 112,205.711 million, up 6.5 percent. As can be seen from the above, Indonesia's transportation options are expanding throughout time. As a result, the demand for lubricants rises as well. As the need for lubricants grows, so does the amount of spent lubricants that is thrown away. Water absorption is inhibited by used lubricant waste that is disposed of in the soil. Given the aforementioned issues, a solution for converting spent lubricant waste into something more useful, such as liquid fuel, is required. Making a prototype for turning spent SAE 5W-30 lubricant waste into liquid fuel using the hydrocracking method with the help of a Ni/ZAA catalyst is one approach to go about it. The effect of temperature fluctuations of 300 °C, 350 °C, 400 °C, 450 °C, and 500 °C was employed as the independent variable in this investigation. The amount of used lubricant feed used in this investigation is 641.10 ml, which is a fixed variable. The best yield values were obtained at a temperature of 400 °C with a cetane number of 76.2, which met the diesel requirement.

Keywords: conversion, hydrocracking, liquid fuel, lubricant, SAE 5W-30

PENDAHULUAN

Minyak pelumas bekas merupakan limbah otomotif yang masuk dalam kategori limbah berbahaya dan beracun (B3). Deposit minyak pelumas bekas yang dibuang berlebihan dalam tanah lambat laun akan membentuk emulsi minyak dan air yang dapat menutupi pori-pori di permukaan tanah sehingga menghambat resapan air [1-5]. Dampak lainnya adalah terjadinya kontaminasi air dan tanah yang mengakibatkan pencemaran air dan tanah menghambat proses oksidasi biologi dari sistem lingkungan karena matinya mikroorganisme yang terdapat di dalam tanah. Senyawa hidrokarbon yang terdapat di dalam oli bersifat toksik dan karsinogenik sehingga tumpahan minyak pelumas

diper permukaan tanah mengakibatkan matinya mikroorganisme di dalam tanah [6-10].

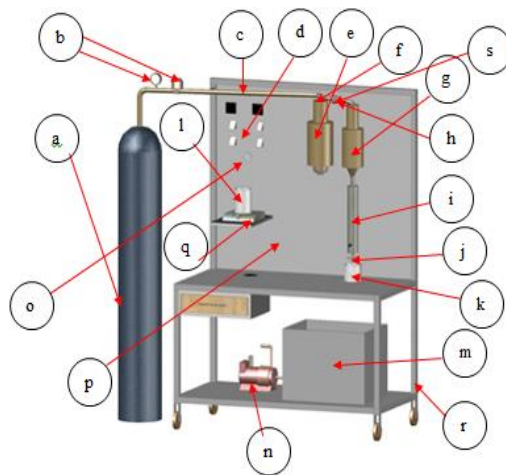
Teknologi prototipe ini sudah banyak dikembangkan dari penelitian-penelitian sebelumnya, dengan menggunakan reaktor pirolisis tanpa katalis dengan volume total minyak pelumas bekas 5 liter hanya mampu menghasilkan 1,3 liter bahan bakar cair [11-14]. Peneliti lain juga melakukan dengan menggunakan heater distilasi dengan volume minyak pelumas bekas sebanyak 125 ml dan bantuan katalis zeolit 3 gram hanya mampu menghasilkan 94 ml [15-20]. Dari beberapa penelitian terdahulu, kelemahan yang dikemukakan oleh peneliti yaitu kurangnya peranan logam yang terdapat pada katalis zeolit dalam memecah minyak pelumas bekas atau oli bekas serta kurangnya proses hidrogenasi pada proses

hydrocracking [21-25]. Tujuan penelitian ini adalah membuat prototipe alat konversi pelumas SAE 5W-30 bekas menjadi bahan bakar cair dengan metode *hydrocracking* berbasis katalis Ni/ZAA.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan prototipe *hydrocracking Tank Reactor* (HTR) sebagai alat konversi pelumas SAE 5W-30 bekas menjadi bahan bakar cair dengan metode *hydrocracking* berbasis katalis memvariasikan temperatur.

Secara umum protipe alat konversi pelumas 5W-30 bekas menjadi bahan bakar cair dengan metode *hydrocracking* berbasis katalis memiliki panjang 100 cm dengan tinggi 130 cm. Prototipe alat konversi pelumas SAE 5W-30 bekas ini terdiri dari reaktor I dan II yang terbuat dari *stainless steel* yang digunakan sebagai tempat terjadinya pemanasan pelumas SAE 5W-30 bekas dan uap pemanasan pelumas 5W-30 bekas. Selain itu, terdapat juga tabung hidrogen (H_2) yang terletak pada sisi kiri alat yang berfungsi sebagai suplai gas H_2 menuju ke reaktor I hingga menjadi uap bahan bakar cair yang selanjutnya masuk ke dalam reaktor II. Uap bahan bakar cair dari reaktor 2 sebelum dikeluarkan harus melewati kondensor terlebih dahulu, agar uap bahan bakar cair berubah fase menjadi produk bahan bakar cair liquid agar dapat mudah ketika akan di analisa. Struktur prototipe *Hydrocracking Tank Reactor* (HTR) sebagai alat konversi pelumas SAE 5W-30 bekas menjadi bahan bakar cair dengan metode *hydrocracking* berbasis katalis dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Prototipe *Hydrocracking Tank Reactor*

Keterangan:

- Tabung hidrogen (H_2), ukuran tinggi 143 cm; diameter 22 cm, kapasitas 6 m^3 , isi berat 60 kg
- Regulator, pressure gauge keluar hidrogen maksimal 315 bar, pressure gauge keluar regulator 10 bar
- Selang regulator, ukuran panjang 2 meter; pemakaian maksimal 126 psi
- Control Panel*:
 - Thermocontrol*, ukuran 92 mm x 96 mm x 96 mm; Pemakaian bisa diatas 1000°C , voltase AC 110VAC/220 VAC, Tipe E508-A21 *Digital*
 - Thermocouple*, sensor $0-800^\circ\text{C}$
- Reaktor I, ukuran pipa 2 in; diameter 60 mm, tinggi 27 cm, diameter casing 12 cm, panjang 18 cm, panjang kerucut $2\frac{1}{2}$ cm
- Pressure gauge*, skala 1 bar
- Reaktor II, ukuran pipa 1,42 in; diameter 50 mm, tinggi 26 cm, panjang kerucut $2\frac{1}{2}$ cm, diameter casing 10 cm, panjang casing 16 cm
- Pipa 3 in
- Kondensor, ukuran 30 cm; diameter 2 in, diameter spiral $\frac{1}{4}$ in, 1 spiral 20 cm
- Valve*, diameter $\frac{1}{4}$ in
- Botol sample 250 ml
- Erlenmeyer 250 ml
- Bak pendingin, ukuran 39 cm x 30 cm x 35 cm

- n. Pompa pendingin, ukuran 9,4 cm x 4,5 cm x 4,5 cm; flow water 700ml/30s
- o. Safety valve button
- p. Landasan, ukuran 25 cm x 25 cm; plat *stainless steel* 6 In, 30 cm, lempeng *stainless steel* 4 In, 20 cm, lempeng *stainless steel* 1 In, 10 cm
- q. Magnetik Stirrer, tipe *continuous run time 50 hours*
- r. Kerangka, ukuran 125 cm x 40 cm x 60 cm
- s. Kopling pipa, diameter ¼ in

Bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses *hydrocracking* dianalisa persen fraksi bensin, kerosin, dan solar menggunakan alat Gas Chromatography (GC) dan berat jenisnya menggunakan piknometer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

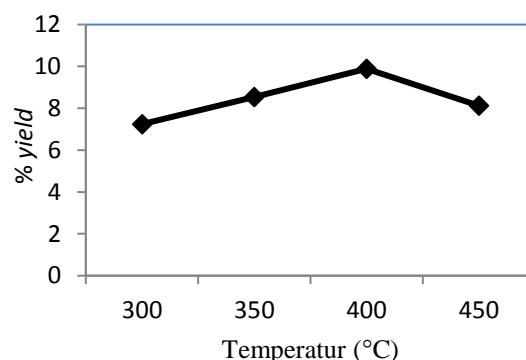
Pada penelitian ini, katalis yang digunakan yaitu katalis Ni/ZAA, sebagai zat yang mempercepat laju reaksi kimia yang terjadi saat proses *hydrocracking* pelumas SAE 5W-30 bekas menjadi produk bahan bakar cair dengan cara menurunkan energi aktivasi. Katalis Ni/ZAA merupakan jenis katalis heterogen. Katalis heterogen digunakan karena memiliki fase yang tidak sama dengan zat pereaksinya. Katalis Ni/ZAA termasuk ke dalam katalis fase padat berukuran 80-100 mesh sedangkan reaktan yang digunakan berupa pelumas bekas fase cair dan hidrogen yang digunakan berfase gas.

Katalis Ni/ZAA terdiri dari tiga komponen yaitu nikel sebagai inti/komponen aktif katalis, zeolit alam aktif (ZAA) sebagai penyangga, dan K_2CO_3 sebagai promotor. Nikel merupakan komponen aktif yang berfungsi mempercepat reaksi dalam mengkonversi reaktan (pelumas bekas) menjadi produk. Zeolit alam aktif (ZAA) berfungsi sebagai tempat penebaran nikel sebagai komponen aktif untuk memperluas kontak antara nikel dan reaktan. Zeolit memiliki sifat penyaring molekul yang dapat mengontrol molekul yang masuk atau keluar dari situs aktif,

karena adanya pengontrolan seperti ini maka zeolit disebut sebagai katalis selektif bentuk. Katalis Ni/ZAA termasuk ke dalam tipe katalis selektif produk yang berarti hanya produk yang berukuran tertentu yang dapat berdifusi melewati saluran (*channel*) dan keluar sebagai produk. K_2CO_3 berfungsi sebagai promotor tidak aktif dalam katalis namun mampu meningkatkan aktivitas dari katalis. Pada K_2CO_3 , K atau K_2O merupakan promotor paling aktif dalam menghilangkan dan mengurangi deposit karbon yang dihasilkan oleh zeolit.

Pengaruh temperatur *hydrocracking* terhadap *yield* produk

Pengaruh temperatur terhadap *yield* produk dilakukan pada suhu 300-450 °C dengan katalis Ni/ZAA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Hubungan Temperatur dan *Yield* Produk

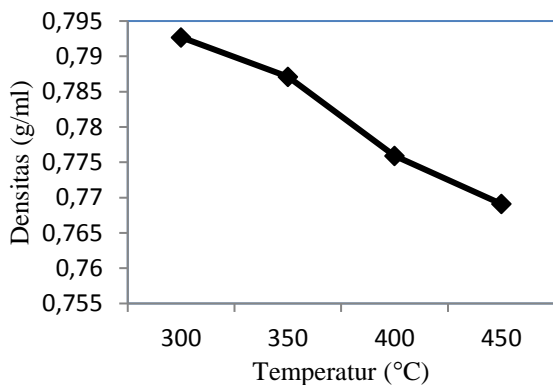
Dari Gambar 2 dapat dilihat kenaikan temperatur berpengaruh terhadap *yield* produk yang dihasilkan. Pada temperatur 300 °C diperoleh *yield* 7,24%, dan dengan kenaikan temperatur pada 400 °C *yield* yang dihasilkan meningkat menjadi 9,88%. Kenaikan *yield* dapat diartikan sebagai meningkatnya reaksi perengkahan yang terjadi. Suatu reaksi perengkahan adalah reaksi endotermis dimana reaksi ini melibatkan proses pemutusan rantai karbon, dimana untuk dapat memutuskan suatu ikatan diperlukan energi panas yang besar. Hasil ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Siswodiharjo yang

menyatakan kecepatan reaksi meningkat dengan meningkatnya suhu, sehingga produk yang dihasilkan juga semakin besar.

Namun pada suhu 450 °C membuat nilai *yield* yang dihasilkan menurun yaitu sebesar 8,1% hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu membuat semakin cepat uap yang terbentuk hal ini berakibat uap yang seharusnya melewati katalis membentuk coke pada dinding-dinding reaktor 2 dan membuat katalis menjadi lebih cepat jenuh sehingga membuat produksi menurun akibat uap sudah mulai sulit melewati katalis serta diakibatkan dari oleh bahan baku yang sudah mulai habis dan perlu diisi ulang.

Pengaruh temperatur *hydrocracking* terhadap densitas produk

Densitas atau berat jenis merupakan jumlah massa per jumlah volume dari suatu cairan. Densitas merupakan salah satu sifat fisik yang dapat dijadikan indikasi dalam mengetahui jenis produk atau senyawa tertentu. Densitas pada produk bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses *hydrocracking* berbasis katalis Ni/ZAA dapat dilihat pada Gambar 3.



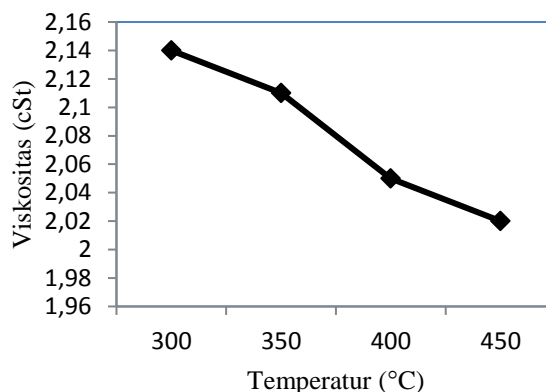
Gambar 3. Grafik Hubungan Temperatur terhadap Densitas

Dapat dilihat pada Gambar 3, densitas pada produk bahan bakar cair yang dihasilkan semakin meningkat dengan adanya penambahan suhu. Pada suhu 300 °C didapatkan densitas sebesar 0,7678 gr/ml, sedangkan pada temperatur tertinggi yaitu temperatur 450 °C didapatkan densitas sebesar 0,7913 gr/ml. Dari temperatur

tersebut diketahui terjadi penurunan densitas ketika temperatur semakin naik. Hal tersebut disebabkan oleh terbentuknya semakin tingginya temperatur membuat semakin ringan fraksi yang teruapkan.

Pengaruh temperatur *hydrocracking* terhadap viskositas produk

Viskositas merupakan kekentalan dari suatu fluida. Viskositas berhubungan dengan gaya gesek antar lapisan fluida ketika satu lapis bergerak ke lapisan yang lain. Pengukuran suatu viskositas bertujuan untuk mengetahui kekentalan suatu fluida pada suhu tertentu sehingga fluida dapat dialirkan pada suhu tersebut. Semakin ringan suatu fraksi minyak bumi, maka semakin kecil pula viskositasnya. Begitupun sebaliknya, semakin berat fraksi minyak bumi, maka semakin besar pula viskositasnya. Viskositas produk bahan bakar cair yang dihasilkan dari proses *hydrocracking* dapat dilihat pada Gambar 4.

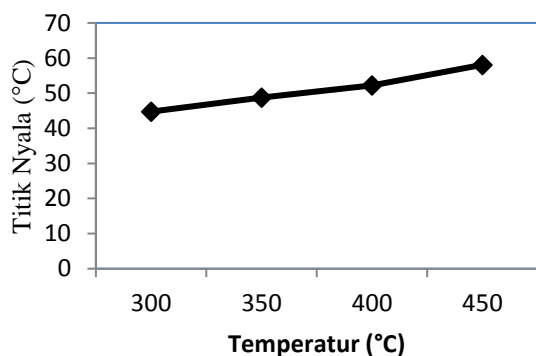


Gambar 4. Grafik Hubungan Temperatur terhadap Viskositas

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur membuat viskositas produk yang dihasilkan semakin encer, hal ini disebabkan oleh pengaruh temperatur ketika semakin tinggi maka fraksinya akan lebih ringan, hal ini juga yang membuat viskositas pada produk bahan bakar cair semakin encer. Hal tersebut selaras dengan yang terjadi pada densitas. Penurunan densitas suatu fluida diikuti dengan penurunan viskositas fluida tersebut.

Pengaruh temperatur *hydrocracking* terhadap titik nyala produk

Titik nyala merupakan suhu terendah dimana minyak akan menyala apabila terkena percikan api. Pengukuran titik nyala ini dilakukan menggunakan *flash point tester*. Semakin tinggi titik nyala, maka semakin mudah proses penyimpanan bahan bakar. Titik nyala produk yang dihasilkan pada proses *hydrocracking* berbasis katalis Ni/ZAA dapat dilihat pada Gambar 5.



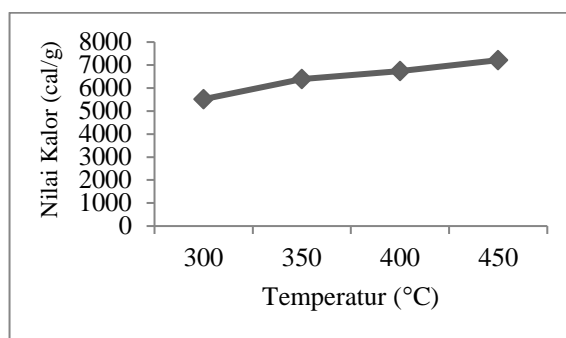
Gambar 5. Grafik hubungan temperatur terhadap titik nyala

Pada Gambar 5 dapat terlihat bahwa adanya peningkatan nilai titik nyala yang berbanding lurus dengan peningkatan temperatur. Hal ini disebabkan karena pada suhu yang tinggi maka tekanan juga akan ikut meningkat sehingga fraksi-fraksi berat akan lebih mudah teruapkan, minyak berat dengan range rantai karbon C₁₅-C₄₀ akan mendidih pada suhu 300 – 450 °C.

Pengaruh Temperatur *Hydrocracking* terhadap Nilai Kalor

Nilai kalor merupakan jumlah energi panas yang dilepaskan tiap satuan massa. Pada penelitian ini terdapat lima sampel yang dianalisa nilai. Sampel pertama berupa sampel pelumas SAE 5W-30 bekas, dan empat sisa sampel adalah sampel produk bahan bakar cair yang diperoleh dari proses *hydrocracking*. Sampel pelumas bekas yang telah dianalisa mempunyai nilai kalor sebesar 5517.0128 cal/gram. Sampel berikutnya berupa produk bahan bakar cair pada suhu 300 °C dengan nilai kalor sebesar

63.888,610 cal/gram, dan pada suhu tertinggi 450 °C setelah di analisa memiliki nilai kalor sebesar 80.413,191 cal/gram. Hal ini menunjukkan bahwa suhu berpengaruh pada nilai kalor produk yang dihasilkan, dimana semakin tinggi suhu akan menghasilkan produk dengan nilai kalor yang lebih tinggi. Pengaruh temperatur terhadap nilai kalor dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hubungan Temperatur dengan Nilai Kalor

Pengaruh Temperatur *Hydrocracking* terhadap *Cetane Number*

Pada analisa *cetane number* didapatkan hasil pada suhu 350°C dan 450°C sebesar 62,2 CN dan 76,2 CN. Hal ini menunjukkan temperatur memiliki pengaruh dalam menghasilkan produk dengan *cetane number* yang lebih tinggi. Hasil pada analisa *cetane number* sudah memenuhi standar dari *cetane number* untuk solar, dexlite, dan pertamina dex sebesar 48, 51, dan 53 CN.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa produk yang dihasilkan masih berupa produk bahan bakar cair campuran dengan interprestasi berupa solar. Berdasarkan analisa data yang telah diperoleh, terlihat bahwa temperatur sangat berpengaruh terhadap %*yield* yang dihasilkan, densitas, viskositas, titik nyala, nilai kalor, dan *cetane number*. Hasil *yield* optimal diperoleh pada temperatur 400 °C sebesar 9,88% dengan *cetane number* 76,2 yang telah memenuhi standar untuk solar. Pada *cetane number* didapatkan hasil optimal pada suhu 450°C sebesar 76,2 CN. Hasil pada analisa

cetane number sudah memenuhi standar dari cetane number untuk solar sebesar 48 CN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah membiayai penelitian Kerjasama Dosen dan Mahasiswa tahun 2021 dan PT. Pertamina yang memfasilitasi analisis hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R Ploetz, R Rusdianasari, and E Eviliana. 2016. *Renewable Energy: Advantages and Disadvantages*, Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST).
- [2] Fitriana, Ira, Anindhita, Agus Sugiyono, Laode M.A. Wahid, Adiarso. 2017. *Outlook Energi Indonesia. Inisiatif Pengembangan Teknologi Energi Bersih*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Pusat, Teknologi dan Sumber Daya Energi dan Industri Kimia, Jakarta.
- [3] Juarsa, A. Syarif, L. Kalsum. 2021. *Effect of Feed Composition and Product Quantity of Co-Processing Refined Blended Deodorized Palm Oil (RBDPO)*. Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020).
- [4] RAN Moulita, Rusdianasari, and L. Kalsum. 2019. *Converting Waste Cooking Oil into Biodiesel using Microwaves and High Voltage Technology*. J. Phys: Conf.Ser. 1167 012033.
- [5] S. Yunsari, Rusdianasari, and A. Husaini. 2019. *CPO Based Biodiesel Production using Microwaves Assisted Method*. J. Phys. Conf. Ser., vol. 1167.
- [6] Rusdianasari, A Syarif, M Yerizam, MS Yusi, L Kalsum, Y Bow. 2020. *Effect of Catalyst on the Quality of Biodiesel from Waste Cooking oil by Induction Heating*. Journal of Physics: Conf. Series 1500 (012052).
- [7] S Susumu, R Rusdianasari, S Yusi. 2020. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Electrostatic Method*, Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC) 3(3). pp. 71-76.
- [8] Kurniawan A, Taqwa A, Bow Y. 2019. *PLC Application as an Automatic Transfer Switch for on-grid PV System; Case Study Jakabaring Solar Power Plant Palembang*. J. Phys.: Conf. Ser. 1167 012026.
- [9] Rusdianasari, Y Bow, RAN Moulita. 2020. *Temperature Effect on the Biodiesel Quality from Waste Cooking Oil by Induction Heating*, Journal of Physics: Conf. Series 1450 012003.
- [10] Yusabri, M. Yerizam, A. Syarif. 2020. *Characterization of Blending Composition Variations in Fatty Acid Methyl Ester (FAME) Biofuel with Diesel to Biodiesel*. Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020). pp. 1-6.
- [11] Badan Standarisasi Nasional. 2015. *Standar Nasional Indonesia Biodiesel 7182-2015*. Jakarta. www.bsn.go.id.
- [12] Utomo H, Sadnowo A and Ratna S S. 2014. *Implementation of Automatic Transfer Switch Based on PLC at Electronic Engineering Laboratory*, Department of Electrical Engineering, University of Lampung. *Electrical Engineering and Technology* vol 8.
- [13] J. U. Putra, L. Kalsum, and Y. Bow. 2018. *Effect of DC Voltage on Prototype of Biodiesel Electrostatic Separator with Glycerin from Waste Cooking Oil*. Indones. J. Fundam. Appl. Chem., Vol. 3(3). pp. 89-93.
- [14] A. de R. Pinho. 2017. *Fast pyrolysis oil from pinewood chips co-processing with vacuum gas oil in an FCC unit for second generation fuel production*, Fuel, vol. 188, pp. 462–473.
- [15] F. A. Twaiq, A. R. Mohamed, and S. Bhatia. 2003. *Liquid hydrocarbon*

- fuels from palm oil by catalytic cracking over aluminosilicate mesoporous catalysts with various Si/Al ratios.* 2003. *Microporous Mesoporous Mater.*, vol. 64, no. 1–3, pp. 95–107.
- [16] Novarini, S. Kurniawan, Rusdianasari, and Y. Bow. 2021. *Waste-to-Energy (WTE) Method to Mitigate Harmful Environmental and Health Consequences Due to LDPE Plastic Waste.* IOP. Conf. Series: Earth and Environmental Science, 810(012014).
- [17] Novarini, Rusdianasari, Y. Bow, and S. Kurniawan. 2020. *Study of Temperature and use of Catalysts in the Pyrolysis of LDPE Plastic Waste on the Quantity of Oil Fuel Products Produced.* Proceedings of the 4th Forum in Research, Science, and Technology (FIRST-T1-T2-2020).
- [18] Novarini, S. Kurniawan, Rusdianasari, Y. Bow. 2021. *Kajian Karakteristik dan Energi pada Pirolisis Limbah Plastik Low Density Polyethylene (LDPE).* Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan, Vol 5(1), pp. 61-70.
- [19] Y. Bow, Rusdianasari, and S.P. Lestari. 2019. *Pyrolysis of Polypropylene Plastic Waste into Liquid Fuel.* IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., 347 (012128).
- [20] Y. Bow, S. Effendi, A. Taqwa, G. Rinditya, M. Y. Pratama, and Rusdianasari. 2021. *Analysis of Air Fuel Ratio on Combustion Flames of Mixture Waste Cooking Oil and Diesel using Preheating Method.* IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci., vol. 709 (012004).
- [21] RAN Moulita, Rusdianasari, L. Kalsum. 2020. *Biodiesel Production from Waste Cooking Oil using Induction Heating Technology.* Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry, Vol. 5 (1), pp. 13-17.
- [22] S. Yunsari, A. Husaini, and Rusdianasari. 2019. *Effect of Variation of Catalyst Concentration in the Producing of Biodiesel from Crude Palm Oil using Induction Heater,* Asian Journal of Applied Research and Community Development and Empowerment, Vo. 3(1), pp. 24-27.
- [23] Rusdianasari, A Syarif, M Yerizam, MS Yusi, L Kalsum, Y Bow. 2020. *Effect of Catalyst on the Quality of Biodiesel from Waste Cooking Oil by Induction Heating,* Journal of Physics: Conf. Series 1500 (012052).
- [24] ES Yusmartini and Rusdianasari. 2016. *Separation Process Biodiesel from Waste Cooking Oil using Ultrafiltration Membranes,* Proceeding Forum in Research, Science, and Technology (FIRST).
- [25] E. Anzar, MS Yusi, and Y. Bow. 2020. *Purification of Crude Glycerol from Biodiesel by-product by Adsorption using Bentonite.* Indonesia Journal of Fundamental and Applied Chemistry (IJFAC) 3(3). pp. 83-88.