

PERENGKAHAN KATALITIK *CRUDE PALM OIL* (CPO) MENGGUNAKAN KATALIS NI-CARBON DENGAN METODE IMPREGNASI

CATALYTIC CRACKING OF *CRUDE PALM OIL* (CPO) USING NI-CARBON WITH IMPREGNATION METHOD

Oki Alfernando,^{1,2} Ridho Kurniadi,¹ dan Nazarudin^{1,2,3*}

¹ Pusat Unggulan IPTEKS Bio-Geo Material dan Energi, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Muara Bulian, KM 15 Mendalo Indah, Jambi 36122, Indonesia

² Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Muara Bulian, KM 15 Mendalo Indah, Jambi 36122, Indonesia

³ Program Studi Pendidikan Kimia, Universitas Jambi
Jl. Raya Jambi – Muara Bulian, KM 15 Mendalo Indah, Jambi 36122, Indonesia

*Email : nazarudin@unja.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received 25 Maret 2021

Received in revised 22 November 2021

Accepted 20 Desember 2021

Kata kunci:

Impregnasi
Perengkahan Katalitik
Crude Palm Oil

Abstract

This research was carried out to investigate Ni-Carbon as catalyst to produce biofuel through the catalytic of *Crude Palm Oil* (CPO). The Ni-Carbon was prepared using activated carbon and nickel nitrate solution of different concentration (1, 2, 3%). After that the prepared catalysts were characterized using XRD and SEM-EDX. XRD shows that catalyst has an intensity at $2\theta = 21.8^\circ; 21.9^\circ; 26.5^\circ; 36.2^\circ; 42.2^\circ$. While the SEM shows that Ni successfully impregnated. The catalytic cracking of CPO was carried out at temperature 450°C , 500°C , 550°C . Results show that sample 2 gives the highest liquid cracking products percentage (CHP%) at 73,84%.

Keywords: Impregnation, Catalytic Cracking, *Crude Palm Oil*

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh logam Ni yang telah terembankan ke arang aktif guna membantu proses perengkahan katalitik *Crude Palm Oil*. Ni-Karbon dibuat dari karbon aktif dan larutan nikel nitrat dengan variasi konsentrasi (1, 2, 3%). Kemudian katalis yang telah dibuat dikarakterisasi menggunakan XRD dan SEM-EDX. XRD menunjukkan bahwa katalis memiliki intensitas pada $2\theta = 21,8^\circ; 21,9^\circ; 26,5^\circ; 36,2^\circ; 42,2^\circ$. Sedangkan SEM menunjukkan bahwa Ni berhasil terimpregnasi. Perengkahan katalitik CPO dilakukan pada suhu 450°C , 500°C , 550°C . Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel 2 memberikan persentase produk perengkahan cair (CHP%) tertinggi sebesar 73,84%.

© 2022 Widyariset. All rights reserved

PENDAHULUAN

Energi merupakan pilar kehidupan untuk menopang kegiatan dan kehidupan manusia. Seiring peningkatan pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi setiap tahunnya, maka konsumsi energi juga mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Namun hal ini tidak diikuti dengan ketersediaan energy yang sebagian besar berasal dari fosil. Pada tahun 2018, produksi minyak sekitar 800 ribu barel per hari,

akan tetapi hingga akhir bulan Juli, berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa rata-rata produksi minyak masih di kisaran 773 ribu barel. Hal ini jauh di bawah produksi tahun lalu yang berada di angka 949 ribu barel per hari.[1]

Fenomena ini menjadi lecutan bagi pemerintah untuk terus mendorong pengembangan energy alternatif yang baru dan

terbarukan sebagai alternatif bahan bakar fosil. Bahan bakar nabati merupakan salah satu sumber energy baru dan terbarukan yang memiliki potensi cukup besar untuk dikembangkan. Hal ini mengacu kepada data tahun 2018 yang menyatakan bahwa Indonesia memiliki luas areal perkebunan kelapa sawit sekitar 12,76 juta hektar yang memiliki potensi besar menjadi bahan bakar nabati.[1-3]

Crude Palm Oil (CPO) merupakan produk utama dari pengolahan kelapa sawit yang tersusun dari trigliserida sebagai komponen utama. Trigliserida memiliki ikatan rantai C yang dapat di rengkah menjadi rantai yang lebih pendek berupa bahan bakar nabati (*biofuel*). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2018, produksi CPO dalam negeri mencapai 36,59 juta ton. Hal ini tentunya memberikan peluang dan kesempatan yang sangat besar dalam pengembangan energy alternatif dari CPO.[4]

Perengkahan (*Cracking*) merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan proses terjadinya pemotongan senyawa hidrokarbon menjadi rantai lebih pendek dengan cara memotong ikatan antar karbon dalam senyawa tersebut. Proses perengkahan terdiri dari perengkahan termal yang memanfaatkan panas sebagai media pemutus ikatan, perengkahan katalitik yang memanfaatkan kemampuan katalis dalam memutus ikatan dan perengkahan katalitik termal yang memanfaatkan kinerja panas dan katalis secara bersamaan dalam pemutusan ikatan rantai karbon.[2, 3, 5-9]

Karbon sudah digunakan secara luas sebagai katalisis heterogen yang berfungsi sebagai penyangga dan memiliki stabilitas yang lebih baik dibandingkan penyangga lain berbasis zeolit, alumina dan silica. Arang (*Carbon*) aktif memiliki ukuran pori yang besar dimana hal ini mendukung proses absorpsi dan berperan baik sebagai katalis dan *support* katalis. Arang aktif selama ini banyak di olah dari batok kelapa, namun pengolahan dari cangkang sawit memiliki keunggulan sendiri dalam hal ketersediaan bahan baku dan kandungan abu yang rendah.[2, 3, 7, 10-13]

Logam Ni dipilih pada penelitian ini sebagai logam yang akan di impregnasi pada arang aktif karena memberikan kontribusi positif terhadap aktivitas katalis dan memiliki tingkat

keefektifan yang cukup baik. Aktifitas katalis tersebut diharapkan mampu memodifikasi sifat arang aktif untuk dapat melakukan reaksi perengkahan. Selain itu, logam Ni juga memiliki sifat keasaman yang tinggi, dimana nilai keasaman suatu katalis sangat mempengaruhi aktifitas katalis dalam proses perengkahan, dikarenakan dalam reaksi agar produk dapat terbentuk dengan optimal. [7, 8, 14-21]

Katalis Ni-Carbon memiliki efektifitas konversi sebesar 97,7% dalam suatu proses perengkahan katalitik. Modifikasi yang dihasilkan mampu mencegah terbentuknya deposit karbon (*coking*) dan sintering selama proses perengkahan, sehingga katalis modifikasi yang dihasilkan memiliki tingkat stabilitas yang cukup baik dalam proses perengkahan.[2, 3, 10, 14, 17, 18, 22]

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pengembangan logam nikel terhadap proses perengkahan katalitik *Crude Palm Oil* (CPO).

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Pusat Studi Energi dan Nanometerial Universitas Jambi, Kampus Pondok Meja yang dilaksanakan pada Januari sampai dengan Juni 2019.

Bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *crude palm oil* (CPO) yang berasal dari PTPN VI, arang aktif yang di buat dari cangkang kelapa sawit, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, NaOH, aquadest, peralatan perengkahan (reactor) dan peralatan gelas laboratorium.

Adapun variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Terikat

Variabel terikat yang diamati adalah

a. % yield CHP

$$\% \text{ yield} = \frac{\text{Berat CHP}}{\text{Berat Reaktan}} \times 100 \%$$

b. kualitas produk (analisa XRD, SEM-EDX & % yield CHP)

2. Variabel Bebas

Konsentrasi larutan Ni : 1%, 2%, dan 3%

Suhu perengkahan : 400, 450, dan 500 °C

3. Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah rasio katalis dan bahan baku yaitu 1 : 10.

Tahapan penelitian terdiri dari, (1) preparasi bahan baku, (2) pembuatan katalis meliputi proses aktivasi karbon aktif, pembuatan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, dan proses impregnasi, (3) proses perengkahan, dan (4) analisis.

Persiapan Bahan Baku

Persiapan bahan baku dilakukan dengan menyaring terlebih dahulu minyak jelantah menggunakan saringan arang aktif untuk menghilangkan kotoran.

Pembuatan Katalis

Arang di aktivasi dengan larutan NaOH dan aquadest dengan perbandingan 1:1:3, campuran di *stirer* selama 2 jam pada suhu kamar, lalu dicuci dengan aquadest. Kemudian dilakukan perendaman dengan asam cuka selama 30 menit sebanyak 5 ml, dicuci kembali menggunakan aquadest hingga mendapatkan pH 7. Selanjutnya arang aktif dioven pada suhu 105°C selama 4 jam, kemudian di steam dalam reaktor steam pada temperatur 550°C selama 6 jam.

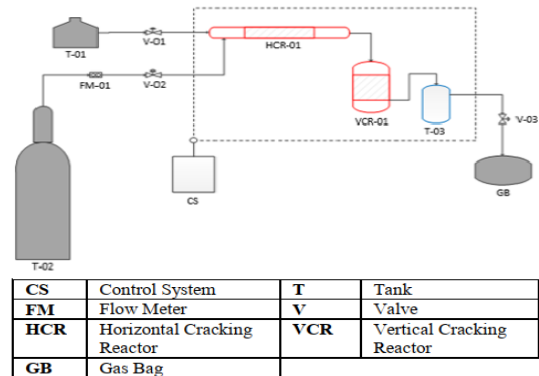
Tahap selanjutnya adalah pembuatan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dibuat dengan variasi 1%, 2%, 3% menggunakan 100 ml aquadest.

Proses modifikasi katalis dilakukan dengan mengacu pada metode yang dikembangkan oleh Nazarudin [23] Proses impregnasi dilakukan dengan mencampurkan arang aktif dengan larutan $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ dengan perbandingan 10:1 selama 24 jam pada suhu ruangan. Larutan tersebut kemudian di cuci hingga pH 7, lalu disaring sehingga didapatkan filtrate. Filtrate di keringkan dengan menggunakan oven selama 12 jam pada temperatur 105°C sehingga diperoleh katalis Ni-carbon dengan variasi persen berat larutan Ni 1%, 2% dan 3%. Terakhir dilakukan karakterisasi katalis menggunakan *X-ray Diffraction* (XRD) dan *scanning electron microscopy-energy X-ray* (SEM-EDX).

Proses Perengkahan

Perengkahan berlangsung secara *semi batch* pada reaktor perengkahan dengan rasio katalis dan bahan baku 1:10, dimana temperatur perengkahan divariasikan pada 450°C , 500°C

dan 550°C selama 60 menit. Produk akhir di analisa persen Cairan Hasil Perengkahan (CHP) yang dihasilkan.

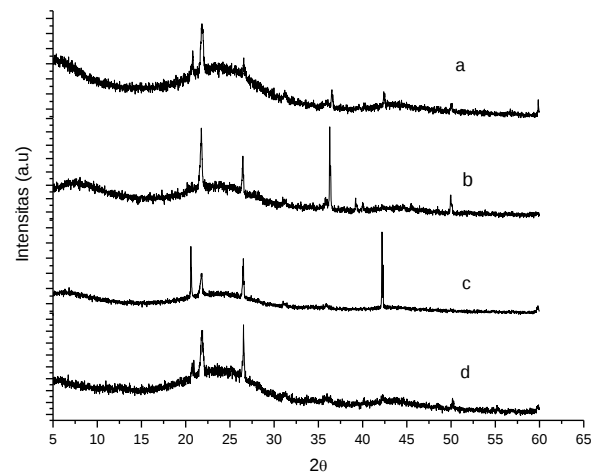


Gambar 1. Skema reaktor perengkahan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Katalis

Analisis XRD digunakan untuk mengidentifikasi fasa kristalin dalam suatu material untuk mengetahui ukuran partikel pada suatu material. Untuk melihat perbedaan pada sampel katalis, katalis Arang Aktif yang belum di steam dilakukan analisa XRD dan sampel katalis Arang Aktif yang sudah di steam dilakukan analisa XRD.



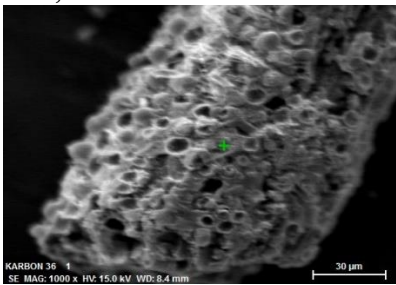
Gambar 2. Pola difraksi XRD katalis karbon (a) karbon murni (b) karbon nikel larutan Ni 1% (c) karbon nikel larutan Ni 2 % (d) karbon nikel larutan Ni 3%

Berdasarkan pola difraksi diatas dapat dilihat dari semua puncak pada katalis karbon, memiliki intensitas yang cukup tinggi di $2\theta = 21.8^\circ; 21.9^\circ; 26.5^\circ; 36.2^\circ; 42.2^\circ$. Pola difraksi yang dihasilkan seluruh katalis hampir sama sehingga dapat dikatakan proses pembuatan

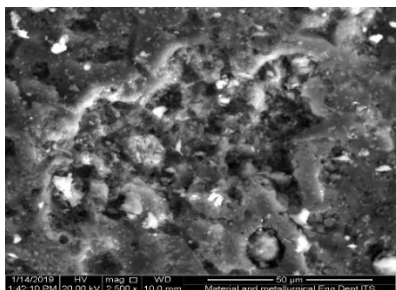
katalis tidak memiliki gangguan yang signifikan. Namun ada beberapa puncak yang berbeda yang dapat disimpulkan sebagai pengotor dalam katalis. Puncak yang berbeda juga didapat dari ukuran dan posisi sampel karbon yang digunakan saat analisis sehingga mempengaruhi pantulan sinar X yang dihasilkan.

Beberapa puncak yang sama dapat disimpulkan sebagai logam nikel yang terikat pada katalis karbon yang dibuat. Hal ini dapat dibuktikan dengan kesamaan sudut 2θ dari masing-masing katalis. Logam nikel yang terikat mungkin memiliki perbedaan jumlah pada setiap konsentrasi katalis. Perbedaan jumlah logam nikel ini juga dapat mempengaruhi tinggi puncak yang dihasilkan.

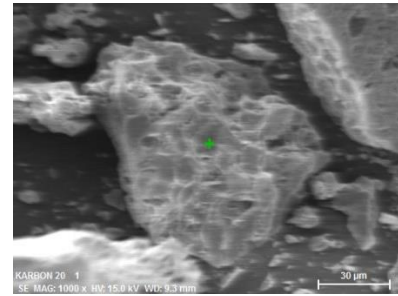
Analisis SEM-EDX digunakan untuk mengetahui dan menggambarkan morfologi serta kandungan yang terkandung di dalam katalis. Gambar dibawah berikut menunjukkan hasil analisis *scanning electron microscopy-energy X-ray* (SEM-EDX) dari kondisi sebelum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi menggunakan larutan Ni 1%, 2% dan 3%.



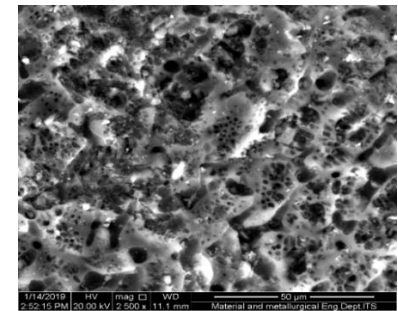
Gambar 3. SEM image Mikro Arang Cangkang Sawit yang Telah di Aktivasi



Gambar 4. SEM image Mikro Katalis Ni-Arang Aktif larutan Ni 1%



Gambar 5. SEM image Mikro Katalis Ni-Arang Aktif larutan Ni 2%



Gambar 6. SEM image Mikro Katalis Ni-Arang Aktif larutan Ni 3%

Pada Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa arang yang telah diaktivasi memiliki rongga atau pori yang masih kosong. Berdasarkan gambar SEM dan analisa gambar, jarak antar pori pada arang aktif ini lebih kurang yaitu $1\mu\text{m} - 10\mu\text{m}$.

Pada Gambar 4, 5, dan 6 dapat dilihat bahwa pori-pori yang semula kosong terlihat telah diisi oleh logam nikel. Hal ini mengindikasikan bahwa proses impregnasi telah berhasil dilakukan. Untuk memperkuat bukti bahwa logam nikel terserap pada Arang Aktif dilakukan analisa EDX yang dibuat dalam bentuk tabel seperti berikut.

Tabel 1. Kandungan elemen (% massa/fraksi massa)) pada katalis karbon sebelum dan sesudah dimodifikasi menggunakan logam Nikel dengan variasi larutan Ni 1%, 2% dan 3%

Elemen	Sebelum Modifikasi	Sesudah modifikasi dengan larutan Ni (% massa)		
		1%	2%	3%
Si	35,35	8,02	8,02	4,18
C	62,32	62,16	59,15	64,16
Ni	0,00	8,23	18,42	9,23
Ca	0,20	0,00	1,68	0,00
Mg	0,00	0,00	0,00	0,00
Al	0,00	0,00	0,00	0,00
O	0,00	23,09	0,00	22,44

Pada analisis Ni-Arang Aktif larutan Ni 1%, 2% dan 3% terdapat perbedaan kandungan atom C karena perbedaan sample yang tidak sama dan juga dipengaruhi proses *impregnasi* ketika penyaringan dan pengeringan menggunakan oven yang dapat menghilangkan kandungan senyawa karbon.

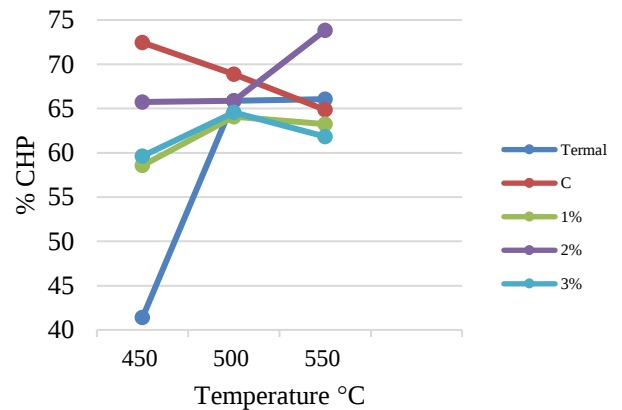
Pengaruh Temperatur dan konsentrasi larutan Ni terhadap hasil perengkahan

Perengkahan dilakukan secara termal dan katalitik dengan variasi suhu 450°C, 500°C dan 550°C dengan waktu perengkahan selama 60 menit.

Tabel 4. Hasil perengkahan termal dan katalitik dengan menggunakan katalis

Konsentrasi Katalis	Bahan Baku CPO (g)	Temperature (°C)	CHP (%)	Sisa Reaksi (%)	Gas (%)
Termal	-	450	41,41	3,26	55,45
	-	500	65,88	0,74	44,70
	-	550	66,06	0,68	41,22
C	121,51	450	72,45	2,36	25,19
	114,61	500	68,88	2,83	28,29
	101,45	550	64,85	0,89	34,26
Ni-C	97,56	450	58,57	1,77	39,66
	100,41	500	64,08	0,77	35,16
	106,33	550	63,23	1,18	35,59
Ni-C	110,65	450	65,74	1,46	32,81
	112,20	500	65,87	2,08	32,05
	100,73	550	73,84	1,57	24,59
Ni-C	114,71	450	59,63	2,06	38,31
	105,74	500	64,56	1,3	34,14
	101,32	550	61,83	1,26	36,90

Data tabel diatas menunjukkan bahwa produk hasil perengkahan termal meningkat seiring dengan semakin tingginya suhu, sedangkan gas yang dihasilkan dari perengkahan menurun seiring tingginya suhu perengkahan. Hasil perengkahan katalitik dengan menggunakan katalis yang sudah dimodifikasi. Selanjutnya perbandingan *yield* untuk cairan hasil perengkahan dari masing-masing variasi katalis yang telah dimodifikasi dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 7. Perbandingan *yield* cairan hasil perengkahan termal dan katalitik menggunakan katalis

Tabel 4 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa pada perengkahan katalitik *yield* tertinggi sebesar 73,84% diperoleh saat konsentrasi larutan Ni 2% dan suhu 550°C. Kondisi ini belum bisa menjelaskan bahwa pada perengkahan katalitik semakin tinggi suhu maka akan menghasilkan konversi yang tinggi. Sebaliknya penggunaan katalis pada proses perengkahan mampu menurunkan temperature yang digunakan [2, 3]. Selain itu, kenaikan temperature reaksi dapat menyebabkan penurunan produksi cairan hasil perengkahan akibat konversi menjadi gas. [24]

Sementara itu, katalis yang terembankan menunjukkan pengaruh yang cukup signifikan dalam membantu proses perengkahan, hadirnya situs aktif membantu untuk meningkatkan reaksi reaktan yang selanjutnya mampu meningkatkan jumlah produk yang terbentuk. [9, 15]

KESIMPULAN

Metode *impregnasi* dapat digunakan dalam mengembangkan logam pada katalis, dimana katalis berperan dalam proses perengkahan katalitik. Temperature mempengaruhi proses perengkahan katalitik, dimana semakin tinggi temperature, maka konversi produk yang dihasilkan juga meningkat. Konversi tertinggi yang diperoleh adalah 73,84% pada konsentrasi larutan Ni 2% dan suhu 550°C.

SARAN

Penelitian lebih lanjut terkait penambahan variable suhu, analisa komposisi kandungan

senyawa pada produk perengkahan, dan pengembangan jenis logam pengemban perlu dilakukan untuk meningkatkan akurasi hasil yang didapatkan serta menambah referensi terhadap hasil perengkahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jambi dan BDPKPS yang telah mendanai penelitian ini melalui Hibah Penelitian Inovasi LPPM Universitas Jambi 2018 dan Hibah Penelitian Sawit 2016/2017.

DAFTAR ACUAN

- [1] P. P. I. P. d. E. (PPIPE), *Outlook Energi Indonesia 2018*. Tangerang: Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi, 2018.
- [2] O. Alfernando, R. Sarip, T. Anggraini, and Nazarudin, "Catalytic Cracking of Methyl Ester from Used Cooking Oil with Nilon-Exchanged ZSM-5 Catalyst Ion-Exchanged ZSM-5 Catalyst," *Makara Journal of Science*, vol. 23, pp. 169-178, 2019.
- [3] I. G. Prabasari, R. Sarip, S. Rahmayani, and Nazarudin, "Catalytic Cracking of Used Cooking Oil Using Cobalt-Impregnated Carbon Catalysts Carbon Catalysts," *Makara Journal of Science*, vol. 23, pp. 162-168, 2019.
- [4] S. S. T. Perkebunan, *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2018*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2019.
- [5] A.A.Mancio, K. M. B. d. Costa, C.C.Ferreira, M.C.Santos, D.E.L.Lhamas, S. A. P. d. Mota, et al., "Thermal Catalytic Cracking of Crude Palm Oil At Pilot Scale: Effect of The Percentage Of Na₂CO₃ on The Quality Of Biofuels," *Industrial Crops and Products*, vol. 91, pp. 32-43, 2016.
- [6] H. Juwono, S. Ismada, M. A. T. Sujadmiko, L. Fauziah, and I. Q. Ayyun, "Konversi Katalitik Limbah Plastik Polipropilen dengan Katalis Silica Alumina Keramik Menghasilkan Bahan Bakar Alternative Fraksi Hidrokarbon," *Jurnal Ilmu Dasar*, vol. 20, pp. 83-88 2019.
- [7] S. Zhang, H. Yin, J. Wang, S. Zhu, and Y. Xiong, "Catalytic Cracking of Biomass Tar Using Ni Nanoparticles Embedded Carbon Nanofiber/Porous Carbon Catalysts," *Energy*, vol. 216, 2020.
- [8] M. Hua, M. Laghari, B. Cui, B. Xiao, B. Zhang, and D. Guo, "Catalytic Cracking of Biomass Tar Over Char Supported Nickel Catalyst," *Energy*, vol. 145, pp. 228-237, 2018.
- [9] I. Istadi, T. Riyanto, L. Buchori, D. D. Anggoro, R. A. Saputra, and T. G. Muhamad, "Effect of Temperature on Plasma-Assisted Catalytic Cracking of Palm Oil into Biofuels," *International Journal of Renewable Energy Development*, vol. 9, pp. 107-112, 2020.
- [10] R. N. Yanti, E. Hambali, G. Pari, and A. Suryani, "Karakteristik Arang Aktif Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Diimpregnasi Logam Nikel Sebagai Katalis," *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, vol. 38, pp. 129-138, 2020.
- [11] Nazarudin, Ulyarti, O. Alfernando, I. Galih, Susilawati, and A. Doyan, "The Effect of Temperature on The Performance of Activated Carbon Over Catalytic Cracking of Crude Palm Oil," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, vol. 5, 2019.
- [12] M. Zamhari, R. Junaidi, N. Rachmatika, and A. Oktarina, "Pembuatan Katalis Berbasis Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Cocos Nucifera) Diimpregnasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Sintesis Biodiesel," *Jurnal Kinetika*, vol. 12, pp. 23-31, 2021.
- [13] L. Efiyanti, Sutanto, N. Hakimah, D. A. Indrawan, and G. Pari, "Karakterisasi dan Potensi Katalis Karbon Aktif Tersulfonasi Limbah Kayu pada Reaksi Hidrolisis Sekam Padi Menggunakan Microwave," *Penelitian Hasil Hutan*, vol. 37, pp. 67-80, 2019.
- [14] R. Ediati, A. Mukminin, and N. Widiastuti, "Impregnation of Nickel on Mesoporous ZSM-5 Templated Carbonsas Candidate Material for Hydrogen Storage," *Indones. J. Chem*, vol. 17, pp. 30 - 36, 2017.

- [15] I. Istadi, L. Buchori, D. D. Anggoro, T. Riyanto, A. Indriana, C. Khotimah, *et al.*, "Effects of Ion Exchange Process on Catalyst Activity and Plasma-Assisted Reactor Toward Cracking of Palm Oil into Biofuels " *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, vol. 14, pp. 459-467, 2019.
- [16] F. Mahmudah, D. H. Kusumawati, and F. Destyorini, "Pengaruh Penambahan Katalis Nikel Terhadap Homogenitas Fasa dan Konduktivitas Listrik Karbon dari Serabut Kelapa," *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, vol. 9, pp. 119 - 124, 2020.
- [17] Nazarudin, L. Muis, W. Trisunaryanti, and Triyono, "Optimasi dengan Response Surface Methodology pada Kondisi Reaksi Perengkahan Crude Palm Oil (Cpo) Menggunakan Katalis Cr-Carbon," *J. Sains MIPA*, vol. 13, pp. 127-133, 2007.
- [18] Nurmalasari, W. Trisunaryanti, Sutarno, and I. I. Falah, "Mesoporous Silica Impregnated by Ni and NiMo as Catalysts for Hydrocracking of Waste Lubricant," *International Journal of ChemTech*, vol. 9, pp. 607-614, 2016.
- [19] M. L. Permata, W. Trisunaryanti, I. I. Falah, M. T. Hapsari, and D. A. Fatmawati, "The Effect Of Nickel Content Impregnated on Zeolite Toward Catalytic Activity And Selectivity for Hydrotreating of Cashew Nut Shell Liquid Oil," *Rasayan J. Chem*, vol. 13, pp. 772 – 779, 2020.
- [20] A. Tadeus, I. H. Silalahi, E. Sayekti, and A. Sianipar, "Karakterisasi Katalis Zeolit-Ni Regenerasi dan Tanpa Regenerasi dalam Reaksi Perengkahan Katalitik," *JKK*, vol. 2, pp. 24-29 2013.
- [21] S. Lestari, A. Sundaryono, and R. Elvia, "Preparasi dan Karakterisasi Katalis Mo-Ni/HZ dengan Metode Impregnasi untuk Cracking Katalitik Minyak Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit menjadi Bahan Bakar Nabati," *Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Kimia*, vol. 3, pp. 91-97, 2019.
- [22] Suhendra, Z. A. Laksana, D. Widiastuti, and T. G. Melyta, "Recent Catalyst Technology Development in Residue Catalytic Cracking Unit: A Mini Review," *CHEMICA : Jurnal Teknik Kimia*, vol. 6, pp. 93-101, 2019.
- [23] Nazarudin, L. Muis, W. Trisunaryanti, and Triyono, ""Optimizationn by Response Surface Methodology On Condition of Crude Palm Oil (CPO) Catalytic Cracking Using Cr-Carbon Catalyst"," *Sains MIPA.*, vol. 5, 2007.
- [24] Rosmawati, S. Arita, L. N. Komariah, Nazarudin, and O. Alfernando, "The Effect of H-USY Catalyst in Catalytic Cracking of Waste Cooking Oil to Produce Biofuel," *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*, vol. 4, pp. 67-71, 2019.