



Dinamika dan Karakter Produk Hasil Dekarboksilasi Sabun Hidroksi Pelargonat

Ella Melyna^{1,*}, Tirta Prakoso², Tatang Hernas Soerawidjaja²

¹Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta, Jl. Letjend Suprpto No. 26, Jakarta Pusat 10510, Indonesia

²Program Studi Teknik Bioenergi dan Kemurgi, Institut Teknologi Bandung, Kampus Jatinangor, Jl. Let. Jend. Purn. Dr. (HC) Mashudi No. 1, Sumedang 45363, Indonesia

*E-mail: melynae@gmail.com

ABSTRAK

Pengembangan bahan bakar nabati akan memberi berbagai manfaat bagi pembangunan nasional, antara lain pengurangan impor bahan bakar minyak dan peningkatan ketahanan energi nasional. Oleh karena itu, teknologi untuk pembuatan bahan bakar nabati substitusi bahan bakar minyak, terutama bensin, merupakan kebutuhan yang mendesak. Salah satu teknologi untuk menghasilkan bahan bakar nabati substitusi bensin adalah dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat. Magnesium hidroksi pelargonat $[\text{Mg}(\text{OH})(\text{OCC}_8\text{H}_{17})]$ dapat didekarboksilasi menghasilkan n-oktana $[\text{C}_8\text{H}_{18}]$ dan magnesium karbonat $[\text{MgCO}_3]$ yang pada temperatur mendekati 500°C akan terurai menjadi MgO dan CO_2 . Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman tentang dinamika dan karakter produk cair hasil reaksi dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat $[\text{Mg}(\text{OH})(\text{OCC}_8\text{H}_{17})]$ pada rentang suhu $250\text{-}350^\circ\text{C}$.

Kata kunci: Dekarboksilasi, magnesium hidroksi pelargonat, sabun.

ABSTRACT

The development of biofuel have a lot of advantages for national growth, such as, imports reduction of fuel and increasing national energy security and sustainability. Therefore, biofuel production technology for substitution of fuel oil especially gasoline, is very important. One of technology method to produce biogasoline is decarboxylation of pelargonic hydroxy metal soap. Magnesium hydroxy pelargonate $[\text{Mg}(\text{OH})(\text{OCC}_8\text{H}_{17})]$ can be decarboxylated to produce n-octane $[\text{C}_8\text{H}_{18}]$ and magnesium carbonate $[\text{MgCO}_3]$ which at temperatures close to 500°C decompose into MgO and CO_2 . The objectives of this research is to investigate comprehensively the dynamics and character liquid products from decarboxylation of pelargonic hydroxy soap $[\text{Mg}(\text{OH})(\text{OCC}_8\text{H}_{17})]$ reaction at temperature range of $250\text{-}350^\circ\text{C}$.

Keywords: Decarboxylation, magnesium hydroxy pelargonate, soap.

1. PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi Indonesia dengan sendirinya telah mengakibatkan peningkatan kebutuhan energi. Kebutuhan BBM dalam negeri tahun 2018 mencapai 465,7 juta barel/tahun yang dipenuhi dari produksi kilang dalam negeri rata-rata 278,1 juta barel dan impor rata-rata 165,4 juta barel [1]. Pada periode tahun 2012 sampai 2035, kebutuhan bensin diperkirakan akan melonjak lebih dari 3 kali lipat. Berdasarkan skenario BAU (*Business As Usual*) maka

kebutuhan bensin pada tahun 2035 akan dipenuhi oleh produksi dalam negeri sebesar 169,3 juta BOE dan impor bensin sebesar 361,3 juta BOE [2].

Sektor transportasi merupakan sektor pengguna energi final komersial terbesar kedua setelah sektor industri. Hampir seluruh konsumsi energi di sektor transportasi berupa BBM dan sekitar 89% konsumsi BBM di sektor transportasi merupakan konsumsi sub sektor transportasi darat. Ketergantungan kendaraan bermotor pada BBM menyebabkan impor BBM terus



meningkat. Pada tahun 2035, impor BBM meningkat hampir 4 kali lipat menjadi 822 juta barel atau 55% dari total konsumsi. Perubahan pola konsumsi BBM tersebut disebabkan oleh tingginya laju konsumsi bensin kendaraan pribadi. Pangsa terbesar penggunaan BBM adalah bensin sebesar 45% dari total penggunaan BBM, diikuti oleh penggunaan minyak solar 36% dan avgas/avtur 11% [2]. Dari tahun ke tahun, jumlah kendaraan berbahan bakar bensin di Indonesia terus meningkat karena masyarakat Indonesia lebih menyukai kendaraan dengan suara mesin yang terdengar lebih halus.

Pengembangan bahan bakar nabati akan memberi berbagai manfaat bagi pembangunan nasional, antara lain pengurangan impor BBM, peningkatan ketahanan energi nasional, pengembangan investasi dalam negeri, penciptaan lapangan kerja, pemberdayaan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) serta pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK). Oleh karena itu, teknologi untuk pembuatan bahan bakar nabati substitusi BBM, terutama bensin, merupakan kebutuhan yang mendesak.

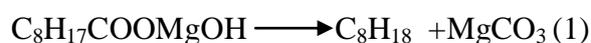
Bensin tersusun dari hidrokarbon rantai lurus mulai dari C7 (*heptane*) sampai C11 (*undecane*). Bensin saat ini berasal dari minyak mentah yang dipompa dari perut bumi dan biasa disebut dengan *petroleum*. Kinerja yang dikehendaki dari bensin adalah anti *knocking*. *Knocking* adalah peledakan campuran (uap bensin dengan udara) di dalam silinder mesin dengan siklus Otto sebelum busi menyala. Peristiwa *knocking* ini sangat mengurangi daya mesin. Hidrokarbon rantai lurus cenderung membangkitkan *knocking*. Sementara, hidrokarbon bercabang, siklik maupun aromatik cenderung bersifat anti *knocking*. Tolok ukur kualitas anti *knocking* sering disebut sebagai bilangan oktan (*octane number*) [3]. Skalanya didasarkan pada n-heptana memiliki bilangan oktan nol dan isooktana memiliki bilangan oktan seratus. Bensin dikatakan memiliki bilangan oktan X, dengan $0 < X < 100$, jika kualitas

pembakaran bensin tersebut setara dengan kualitas pembakaran campuran X% volum isooktana dan (100 - X)% volum n-heptana. Bensin di Indonesia memiliki angka oktan 88 yang berarti terdiri dari campuran 12 n-heptana dan 88 isooktana.

Penelusuran literatur menunjukkan bahwa pada masa Perang Dunia Ke-II, China telah memproduksi hidrokarbon mirip *crude oil* dari pirolisis sabun kalsium [4]. Setiadi dan Suranto [5] memperoleh hidrokarbon fraksi diesel dari dekarboksilasi sabun kalsium. Dekarboksilasi sabun kalsium ini dihasilkan kalsium karbonat sebagai produk samping. Kalsium karbonat membutuhkan suhu sangat tinggi (≥ 973 K atau 700 °C) untuk bisa terurai kembali [6] menjadi kalsium oksida yang akan digunakan balik dalam produksi sabun. Untuk menghemat kebutuhan energi dekomposisi, maka perlu dicari dan diuji logam lain yang senyawa karbonatnya dapat terurai pada suhu lebih rendah.

Magnesium karbonat merupakan garam karbonat yang lebih mudah terdekomposisi dibanding kalsium karbonat. Magnesium karbonat mulai terdekomposisi menjadi CO₂ dan MgO pada 350°C [7] dan penguraiannya sudah sempurna pada sekitar 500°C [6].

Secara konseptual, magnesium hidroksi pelargonat [Mg(OH)(OOC C₈H₁₇)] dapat didekarboksilasi menghasilkan n-oktana [C₈H₁₈] dan magnesium karbonat [MgCO₃] yang pada temperatur mendekati 500°C akan terurai menjadi MgO dan CO₂. n-oktana [C₈H₁₈] melalui reaksi isomerisasi dapat dikonversi menjadi isooktana yang memiliki angka oktan 100. Reaksi dekarboksilasi magnesium hidroksi pelargonat menjadi n-oktana dan magnesium karbonat serta reaksi dekomposisi magnesium karbonat menjadi magnesium oksida dan karbon dioksida sebagai berikut:



Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pemahaman tentang dinamika dan karakter produk cair hasil reaksi dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat $[\text{Mg}(\text{OH})\text{OCC}_8\text{H}_{17}]$ yang diharapkan menghasilkan n-oktana $[\text{C}_8\text{H}_{18}]$ dan magnesium karbonat $[\text{MgCO}_3]$ dimana n-oktana $[\text{C}_8\text{H}_{18}]$ melalui reaksi isomerisasi dapat dikonversi menjadi isooktana yang memiliki bilangan oktan seratus.

2. METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, AlCl_3 , NaOH , Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NH_4Cl , NH_4OH , asam pelargonat, etanol 96%, aqua demineralisasi, 2,4-dinitrofenilhidrazin, KOH , H_2SO_4 Pekat, HCl pekat, dan gas N_2 .

Tahap-tahap penelitian ini adalah:

- Pembuatan basa hidrotalsit Mg/Al
Hidrotalsit Mg/Al dibuat dengan presipitasi pada kelewat-jenuhan tinggi dari larutan $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, AlCl_3 , dan NaHCO_3 . Padatan yang terbentuk disaring, dicuci kemudian dikeringkan pada suhu 150°C selama 20 jam.
- Pembuatan sabun hidroksi pelargonat
Sabun hidroksi pelargonat dibuat dengan melarutkan asam pelargonat dalam etanol dan ditambahkan hidrotalsit Mg/Al kemudian direfluks selama 2 jam pada suhu 78°C untuk menyempurnakan reaksi. Setelah 2 jam, pelarut etanol didistilasikan kemudian sabun dikeringkan pada suhu 105°C selama 8 jam
- Dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat dilangsungkan pada tekanan atmosfer,

suhu 360°C selama 3 jam dari awal pertama kali produk mulai menetes.

Sebelum dekarboksilasi dimulai, kedalam reaktor dialirkan gas N_2 untuk menghilangkan udara dari dalam reaktor.

Sabun hidroksi pelargonat dibuat dengan variasi hidrotalsit Mg/Al = 5:1 berlebih (*excess*) 300%, hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300%. Penggunaan hidrotalsit Mg/Al berlebih ini dimaksudkan agar pertama-tama terjadi reaksi saponifikasi antara asam pelargonat ($\text{C}_8\text{H}_{17}\text{COOH}$) dengan hidrotalsit $\text{Mg}_{10}\text{Al}_2(\text{OH})_{24}\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ membentuk garam lemak yang selanjutnya dengan hidrotalsit Mg/Al berlebih akan terjadi reaksi dekarboksilasi.

Variabel-variabel respon yang dijadikan tolak ukur keberhasilan penelitian adalah perolehan produk, distribusi senyawa produk, keberadaan keton dan titik beku/titik leleh.

Analisa yang dilakukan pada penelitian menggunakan XRD, GC-MS, uji jejak keton dan uji titik beku/leleh.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. ANALISA HASIL DEKARBOSILASI

Dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 5:1 dan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 dilangsungkan pada tekanan atmosfer dan suhu 360°C selama 3 jam. Hasil dekarboksilasi ditampilkan pada Tabel 1 dan hasil uji titik beku/titik leleh dan uji jejak keton produk dekarboksilasi ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil dekarboksilasi

Run	Variasi	Hasil penelitian		Yield (%)
		Produk (gram)	Residu (gram)	
1	Mg/Al=5:1 <i>excess</i> 300%	4,727	8,633	55,40
2	Mg/Al=3:1 <i>excess</i> 300%	3,789	8,476	45,31

Tabel 2. Uji titik beku/titik leleh dan uji jejak keton produk dekarboksilasi

Run	Variasi	Titik beku/titik leleh (°C)	Jejak keton*
1	Mg/Al=5:1 <i>excess</i> 300%	28	-
2	Mg/Al=3:1 <i>excess</i> 300%	24	-

* - : Tapak-tapak senyawa keton

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% (run 1) memberikan perolehan produk 55,40% dengan titik beku 28°C, dimana ketika suhu ruangan meningkat di atas 28°C produk run 1 akan menjadi padat, tapi ketika suhu ruangan turun di bawah 28°C produk run 1 menjadi cair. Hasil uji jejak keton pada run 1 menunjukkan bahwa dalam produk dekarboksilasi ini ada tapak-tapak senyawa keton.

Sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% (run 2) memberikan perolehan produk 45,31%, lebih rendah daripada perolehan produk hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300%. Produk dekarboksilasi run 2 ini berfasa cair dengan titik beku 24°C, lebih rendah daripada titik beku hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300%. Hasil uji jejak keton pada run 2 menunjukkan bahwa dalam produk dekarboksilasi ini ada tapak-tapak senyawa keton.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% dan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% menghasilkan produk berfasa cair dengan perolehan produk dan titik beku hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% lebih tinggi dibandingkan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300%. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah Mg yang lebih banyak menghasilkan perolehan produk yang lebih tinggi dan titik beku yang juga lebih tinggi, hasil ini sejalan dengan penelitian pengaruh jenis logam pada pirolisis sabun menghasilkan *biogasoline* dimana sabun Mg menghasilkan perolehan produk yang lebih tinggi dibandingkan sabun Ca [8].

Hasil uji jejak keton yang bertujuan untuk melihat apakah terdapat unsur oksigen

dalam produk dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil uji jejak keton bertujuan untuk melihat apakah terdapat unsur oksigen dalam produk. Hasil uji jejak keton menunjukkan penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% dan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% mengandung tapak-tapak senyawa keton yang berarti terdapat unsur oksigen di dalam produk tersebut. Spesifikasi bensin di Indonesia dengan angka oktan 88 mempersyaratkan kandungan oksigen maksimum adalah 2,7% m/m [9].

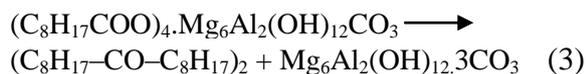
Hasil analisa produk dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% (run 1) dan Mg/Al = 3:1 *excess* 300% (run 2) menggunakan GC-MS ditampilkan pada Tabel 3.

Hasil uji GC-MS produk dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat (Tabel 3) dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% (run 1) menunjukkan 43,42% adalah senyawa *9-heptadecanone*, 18,14% adalah senyawa *2-decanone*, dan 2,35% adalah senyawa *n-octane*.

Hasil uji GC-MS terhadap produk dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% (run 2) menunjukkan 40,17% adalah senyawa *9-heptadecanone*, 14,20% adalah senyawa *2-decanone*, dan 2,38% adalah senyawa *n-octane*.

Hasil uji GC-MS menunjukkan bahwa penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% memberikan hasil yang lebih sedikit pada *9-heptadecanone* dan hasil yang lebih banyak pada produk yang diinginkan yaitu *n-octane* dibandingkan penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300%.

Contoh reaksi dekarboksilasi yang terjadi pada penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% adalah:



Tabel 3. Hasil analisa produk dekarboksilasi sabun hidroksi pelargonat dengan basa hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300% (run 1) dan Mg/Al = 3:1 *excess* 300% (run 2) menggunakan GC-MS

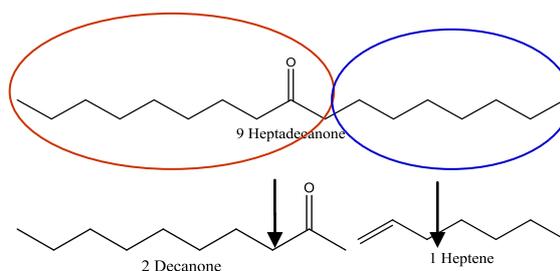
Run 1	
Mg/Al = 5:1 <i>excess</i> 300%	
9-Heptadecanone	43,42%
2-decanone	18,14%
n-Nonadecanol-1	7,62%
1-heptene	4,37%
3-Undecanone	3,58%
3-Heptadecene	3,49%
1-Octene	3,25%
<i>n-octane</i>	2,35%
Run 2	
Mg/Al = 3:1 <i>excess</i> 300%	
9-Heptadecanone	40,17%
2-decanone	14,20%
n-Nonadecanol-1	9,23%
1-heptene	5,87%
3-Heptadecene	4,34%
1-Octene	3,05%
1-Decene	2,69%
3-Undecanone	2,40%
<i>n-octane</i>	2,38%

Senyawa 9-heptadecanone memiliki titik didih 250-253°C dan titik leleh 51-53°C [10]. Senyawa 9-heptadecanone dapat putus menjadi senyawa 2-decanone dan 1-heptene dengan mekanisme yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Senyawa 2-decanone memiliki titik didih 211°C dan titik leleh 3,5°C [11]. Senyawa 1-heptene memiliki titik didih 94°C dan titik leleh -119°C [12].

Kesimpulan dari beberapa hasil yang telah dijelaskan menunjukkan bahwa penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% menghasilkan produk dekarboksilasi fasa cair dengan selektifitas yang paling tinggi

pada produk yang diinginkan yaitu *n-octane* sebesar 2,38% dan jumlah senyawa 9-heptadecanone paling rendah yaitu 40,17%. Selain itu, penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300% juga menghasilkan produk dengan titik beku yang paling rendah yaitu 24°C dan terdapat tapak-tapak senyawa keton di dalam produk dekarboksilasi. Akan tetapi, perolehan produk yang diperoleh juga paling rendah yaitu 45,31%.

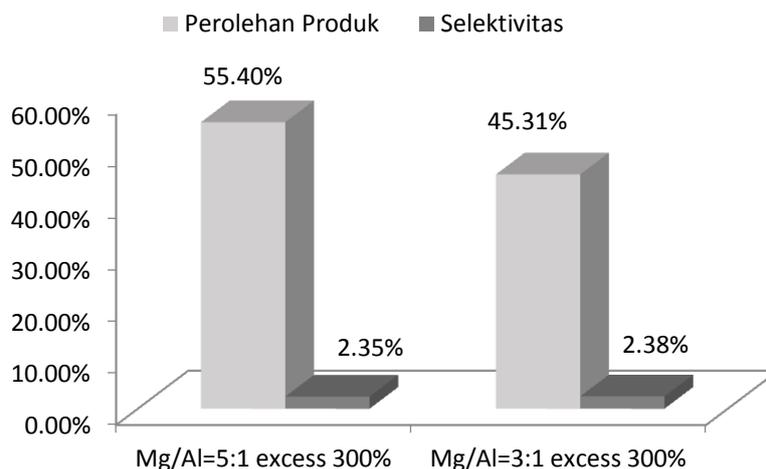


+

Gambar 1. Pemutusan ikatan 9-heptadecanone menjadi 2-decanone dan 1-heptene

3.2. PERBANDINGAN PENGARUH RASIO Al TERHADAP PEROLEHAN PRODUK DAN SELEKTIFITAS KE *N-OCTANE* PRODUK DEKARBOKSILASI FASA CAIR

Perolehan produk tertinggi terjadi pada penggunaan Mg/Al=5:1 *excess* 300% yaitu 55,40%. Selektivitas produk ke *n-octane* tertinggi terjadi pada penggunaan Mg/Al=3:1 *excess* 300% yaitu 2,38%. Diagram perbandingan pengaruh rasio Al terhadap perolehan produk dan selektifitas ke *n-octane* produk dekarboksilasi fasa cair dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan pengaruh rasio Al terhadap perolehan produk dan selektivitas ke *n-octane* produk dekarboksilasi fasa cair

Pada Mg/Al=3:1 dapat diartikan bahwa perbandingan Al di dalam Mg lebih besar dibandingkan dengan Mg/Al=5:1. Penggunaan Mg/Al=3:1 *excess* 300% memberikan selektivitas produk yang rendah pada *9-heptadecanone* namun memberikan selektivitas produk yang lebih tinggi pada produk yang diinginkan yaitu *n-octane* dibandingkan penggunaan Mg/Al=5:1 *excess* 300%. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian pengaruh kombinasi logam pada reaksi dekarboksilasi sabun basa terhadap produk bihidrokarbon cairnya dimana keberadaan logam Al lebih banyak mempromosikan pembentukan isoalkana dibandingkan logam Mg saja [13].

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah perolehan produk tertinggi yaitu 55,40% terjadi pada penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 5:1 *excess* 300%. Selektivitas produk tertinggi terhadap *n-octane* 2,38% terjadi pada penggunaan hidrotalsit Mg/Al = 3:1 *excess* 300%. Rasio Al/Mg yang rendah yaitu 1:5 dapat meningkatkan perolehan produk, rasio Al/Mg yang tinggi yaitu 1:3 dapat meningkatkan selektivitas produk dan rasio Al/Mg yang tinggi yaitu 1:3 juga dapat menurunkan titik beku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada Dr. Tatang Hernas Soerawidjaja dan Dr. Tirto Prakoso sebagai Pembimbing penulis dalam menyelesaikan Penelitian ini serta Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) yang telah memberikan penulis dana penelitian dalam menyelesaikan penelitian inii.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Suharyati, S. H. Pambudi, J. L. Wibowo, N. I. Pratiwi, Outlook Energi Indonesia 2019, Jakarta: Sekretariat Jenderal Dewan Energi Nasional, 2019.
- [2] M. S. Boedoyo, L. O. M. A. Wahid, I. Fitriana, N. Niode, R. E. Puspita, E. Siregar, A. K. Paminto, E. Suarna, P. T. Wijaya, A. Kismanto, A. A. Raksodewanto, Yudiartono, A. Sugiyono, Suryani, Anindhita, I. Fitriana, N. Gustriani, Outlook Energi Indonesia 2014, Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, 2014.
- [3] Produk Olahan Minyak & Gas, <http://ashadisasonko.staff.ipb.ac.id/tag/knocking/>, diakses 23 Februari 2021.

- [4] C.-C. Chang, S.-W Wan, China's Motor Fuels from Tung Oil, *Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 39, no. 12, hal. 1543-1548, 1947.
- [5] Setiadi, A. Suranto, Reaksi Dekarboksilasi Minyak Jarak Pagar Untuk Pembuatan Hidrokarbon Setara Fraksi Diesel dengan Penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia (SNTKI), Bandung, 19-20 Oktober 2009.
- [6] H. Tani, T. Hasegawa, M. Shimouchi, K. Asami, K. Fujimoto, Selective Catalytic Decarboxy-Cracking of Triglyceride to Middle-Distillate Hydrocarbon, *Catalysis Today*, vol. 164, No. 1, hal. 410-414, 2011.
- [7] D. L. Perry, Handbook of Inorganic Compounds, Second Edition, India: CRC Pres, 2011.
- [8] E. Puspawiningtiyas, M. Pratiwi, G. F. Neonufa, R. Purwadi, A. N. Isyami, L. Elizabeth, T. H. Soerawidjaja, Subagjo, T. Prakoso, Effect of Metal Type on Basic Soap Pyrolysis Produce Bio-gasoline, *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, vol. 823, no. 012027, hal. 1-9, 2020.
- [9] Spesifikasi Premium, <https://www.pertamina.com/industrialfuel/media/20705/premium.pdf>, diakses 23 Februari 2021.
- [10] Chemical Book 540-08-9, 9 Heptadecanone, https://www.chemicalbook.com/CASE_N_540-08-9.htm, diakses 9 September 2016.
- [11] Chemical Book 693-54-9, 9 2-Decanone, https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8274144.htm, diakses 9 September 2016.
- [12] Chemical Book 592-76-7, 9 1-Heptene, https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB7378609.htm, diakses 9 September 2016.
- [13] G. F. Neonufa, K. Amri, T. Prakoso, T. H. Soerawidjaja, Pengaruh Kombinasi Logam pada Reaksi Dekarboksilasi Sabun Basa terhadap Produk Biohidrokarbon Cairnya, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia UNPAR, Bandung, 4 Mei 2017.