

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, L., Aziz, I., Nurbayti, S., dan Oktavania, C.O., 2016, Pembuatan Biodiesel dengan Cara Adsorpsi dan Transesterifikasi dari Minyak Goreng Bekas, *Jurnal Kimia Valensi: Jurnal Penelitian dan Pengembangan*, **2**(1): 71-80.
- Adhari, H., Yusnimar, dan Utami, S.P., 2016, Pemanfaatan Minyak Jelantah Menjadi Biodiesel Dengan Katalis ZnO Presipitan Zinc Karbonat: Pengaruh Waktu Reaksi Dan Jumlah Katalis, *Jom Fteknik*, **3**(2): 1-7.
- Arita, S.R., Attaso, K., dan Septian, R., 2013, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit dengan Katalis Cao Disinari dengan Gelombang Mikro, *Jurnal Teknik Kimia*, **4**(19): 45-52.
- Astuti, E., 2008, Pengaruh Konsentrasi Katalisator dan Rasio Bahan terhadap Kualitas Biodiesel dari Minyak Kelapa, *Jurnal Rekayasa Proses*, **2**(1): 5-10.
- Budianto, Daulay, H.B., dan Aldiona, A.F., 2012, Optimalisasi Kinerja Pembuatan dan Peningkatan Kualitas Biodiesel dari Fraksi Minyak Limbah Cair Pengolahan Kelapa Sawit dengan Memanfaatkan Gelombang ULtrasonik, *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, **22**(1): 10-14.
- Chon, A.M., dan Krisnandi, E., 1982, *Penuntun Praktikum Kimia Analisis Titrimetri*, Pusat Pendidikan dan Latihan, Jakarta.
- Damayanti, A., dan Rengga, W.D.P., 2010, Kualitas Refined-Glyserin Hasil Samping Reaksi Transesterifikasi Minyak Sawit dengan Menggunakan Variasi Katalis, *Jurnal Kompetensi Teknik*, **1**(2): 43-48.
- Datu, A.M., 2013, *Pengaruh Penambahan Ion  $Fe^{3+}$  dan  $Mg^{2+}$  Terhadap Kandungan Lipid Fitoplankton *Chlorella vulgaris* sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel dengan Metode Ultrasonik*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Garcia, J.L.L., dan Castro M.D.L., 2004, Ultrasound-assisted Soxhlet Extraction : an Expeditive Approach for Solid Sample Treatment, Application to the Extraction of Total Fat from Oleaginous Seeds, *Journal of Chromatography*, **1034**(2): 237-242.
- Gerpen, J.V., Shanks, B., Pruszko, R., Clements, D., dan Knothe, G., 2004, *Biodiesel Analytical Methods*, National Renewable Energy Laboratory, SA.
- E., Mujdalipah, S., Haloman, A., Waries, A., dan Hendroko, R., 2007, *teknologi Bioenergi*, PT Agromedia Pustaka, Jakarta.



- Hanafi, R.W., 2013 *Pengaruh Konsentrasi Katalis dan Lama pengadukan Pada Reaksi Transesterifikasi Pembuatan Biodiesel dari Minyak Biji Kapuk (Ceiba pentandra L)*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hasahatan, D., Sunaryo, J., dan Komariah, L.N., 2012, Pengaruh Ratio H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan Waktu Reaksi Terhadap Kuantitas dan Kualitas Biodiesel dari Minyak Jarak Pagar, *Jurnal Teknik Kimia*, **18**(2): 26-36.
- Helwani, Z., Othman, M.R., Kim, J., dan Fernando, W.J.N., 2009, Solid Heterogeneous Catalyst for Transesterification of Triglycerides with Methanol: A review, *Applied Catalysis A: General*, **363**: 1-10.
- Highina, B.K., Bugaje, I.M., dan Umar, B, 2011, Biodiesel Production from Jatropa Caucus Oil in a Batch Reactor Using Zinc Oxide as Catalyst, *Journal of Petroleum Technology and Alternative Fuels*, **2**(9): 146-149.
- Hikmah, M.N., dan Zuliyana, 2010, *Pembuatan Metil Ester (Biodiesel ) Dari Minyak Dedak Dan Metanol Dengan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Jannah, R., 2008, Reaksi Transesterifikasi Trigliserida Minyak Jarak Pagar dengan Metanol Menggunakan Katalis Padatan Basa K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>/γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Skripsi Tidak Diterbitkan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Departemen Kimia, Universitas Indonesia, Depok.
- Jarre, S., 2014, *Potensi Katalis AlCl<sub>3</sub> terhadap Produksi Biodiesel dari Lipid Fitoplankton Porphyridium cruentum*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Jin, B., Duan, P., Xu, Y., Wang, B., Wang, F., dan Zhang, L., 2014, Lewis Acid-Catalyzed In Situ Transesterification/Esterification of Microalgae in Supercritical Ethanol, *Bio Tech*, **162**: 341-349.
- Juan Q.J., Qing L.J., dan Quan F.H., 2016, One Step Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil Catalysed by SO<sub>3</sub>H-Functionalized Quaternary Ammonium Ionic Liquid, *Current Science* **110** (11): 2129-2134.
- Ketaren, S., 1986, *Pengantar Teknologi Minyak Dan Lemak Pangan*, UI-Press, Jakarta.
- Ketaren, S., 2005, *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*, UI-Press, Jakarta.
- G., 2006, Analyzing Biodiesel : Standards and Other Methods, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **83**(10): 823-833.



- Kusumaningsih, T., Pranoto., dan Saryoso, R., 2006, Pembuatan Bahan bakar Biodiesel dari Minyak Jarak; Pengaruh Suhu dan Konsentrasi KOH pada Reaksi Transesterifikasi Berbasis Katalis Basa, *Bioteknologi*, **3**(1): 20-26.
- Lestari, D.W., 2012, *Pemilihan Katalis yang Ideal*, Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Lisdayanti, R., Putri, C.A., dan Setyawati, H., 2013, Sintesis Biodiesel dari Minyak Sisa Pakai dengan Variasi Waktu Reaksi dan Ukuran Ba(OH)<sub>2</sub> sebagai Katalis, *Jurnal Teknik Kimia*, **8**(1): 12-16.
- Mahlinda dan Maurina, L., 2011, Proses Pemurnian Metanol Hasil Sintesa Biodiesel Menggunakan Rotary Evaporator, *Jurnal Hasil Penelitian Industri*, **24**(1): 20-27.
- Maneerung, T., Kawi, S., Dai, Y., dan Wang, C.H., 2016, Sustainable Biodiesel Production via Transesterification of Waste Cooking Oil by Using CaO Catalyst Prepared From Chicken Manure, *Energy Conv. and Man*, **123**: 487-497.
- Maskan, M., dan Bagci, H.I., 2003, Effect of Different Adsorbents On Purification of Used Sunflower Seed Oil Utilized For Frying, *Journal of Food Research Technology*, **217**: 215-218.
- Mata, T.M., Martins, A.A., dan Caetano, N.S., 2010, Microalgae for Biodiesel Production and other Applications: A Review, *Renew. and Sustainable Energy Reviews*, **14**(1): 217-232.
- Miskah, S., Anugrah, A., dan Gunadi., 2016, Pemanfaatan Kulit Telur sebagai Katalis Biodiesel dari Campuran Minyak Jelantah dan Minyak kelapa Sawit, *Jurnal teknik Kimia*, **22**(2): 54-61.
- Miyagi, A., Nakajima, M., Nabetani, H., dan Subramanian, R., 2001, Feasibility Recycling Used Frying Oil Using Membrane Process, *Journal Lipid Science Technology*, **103**(4): 208-215.
- Nilawati, D., 2012, *Studi Awal Sintesis Biodiesel Dari Lipid Mikroalga Chlorella Vulgaris Berbasisi Medium Walne Melalui Reaksi Esterifikasi Dan Tranesterifikasi*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Program Studi Teknologi Bioproses, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok.
- Nurfadillah, 2011, *Pemanfaatan Dan Uji Kualitas Biodiesel Dari Minyak Jelantah*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin, Makassar.
- ..., Mukhtar, A., dan Gapur, A., 2014, Transesterifikasi Crude Palm Oil(fo) menggunakan Katalis Heterogen CaO Dari Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Kalsinasi 900°C, *Ind.Che.Acta*, **5**(1): 23-29.



- Padil, Wahyuningsih, S., dan Awaluddin, A., 2010, Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa melalui Reaksi Metanolisis Menggunakan Katalis  $\text{CaCO}_3$  yang Dipijarkan, *Jurnal Natur Indonesia* **13**(1): 27-32.
- Pamata, N., 2008, Sintesis Metil Ester (Biodiesel) dari Minyak Biji Kemiri (*Aleurites moluccana*) Hasil Ekstraksi Melalui Metode Ultrasonokimia, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Depok.
- Patil, V., Tran, K.Q., dan Giselrod, H.R. 2008, Towards Sustainable Production of Biodiesels from Microalgae, *Int. J. Mol. Sci*, (9): 1158–1195
- Pramita, R.I., Haryanto, A., dan Triyono, S., 2010, Pengaruh Perbandingan Molar dan Durasi Reaksi Terhadap Rendemen Biodiesel dari Minyak Kelapa, *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, **5**(3) :157-166.
- Putri, S.K., Supranto, dan Sudiyo, R., 2012, Studi Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Kelapa dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik, *Jurnal Rekayasa Proses*, **6**(1); 20-25.
- Rachim, S.A.G., 2017, *Modifikasi Katalis  $\text{ZnCl}_2$ ,  $\text{CrCl}_3$  dan  $\text{AlCl}_3$  dengan  $\text{CaO}$  dari Cangkang Kepiting untuk Produksi Biodiesel Berbahan Dasar Minyak Jelantah*, Tesis Tidak Diterbitkan, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Rhofita, E.I., 2017, Pemanfaatan Minyak Jelantah sebagai Biodiesel: Kajian Temperatur dan Waktu Reaksi Transesterifikasi, *Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik*, **12**(3): 141-150.
- Roschat, W., Siritanon, T., Kaewpuang, T., Yoosuk, B., dan Promarak, V., 2016, Economical and Green Biodiesel Production Proses Using River Snail Shells-Derived Heterogeneous Catalyst and Co-Solvent Method, *Bio Tech*, **209**: 343-350.
- Salimon, J., Abdullah, B.M., dan Salih, N., 2012, Saponification of Jatropha Curcas Seed Oil: Optimization by D-optimal Design, *International Journal of Chemical Engineering*, **2012**: 1-6.
- Satriadi, H., Widayat, Nafiega, F., dan Dipo, R., 2014, Peningkatan Kualitas dan Proses Pembuatan Biodiesel dari *Blending* Minyak Kepala Sawit (*Palm Oil*) dan Minyak Kelapa (*Coconut Oil*) dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik, *Teknik*, **35**(2): 69.
- Shi, H., dan Bao, Z., 2008, Direct Preparation of Biodiesel from Rapeseed Oil Produced by Two Phase Solvent Extraction, *Bioresource Technology*, **99**: 9025-9028.

E.D., Kristianingrum, S., dan Suwardi., 2012, *Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Jelantah pada Berbagai Waktu dan Suhu*, Prosiding



Seminar Nasional Penelitian Pendidikan dan Penerapan MIPA, Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

Sofyan, M., dan Tanjung, I., 2013, *Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Randu dengan Katalis KOH menggunakan Proses Transesterifikasi Dua Tahap*, Laporan Penelitian, Universitas Diponegoro.

Soriano, N.U., Venditti, R., dan Argyropoulos, D.S., 2009, Biodiesel Synthesis Via Homogeneous Lewis Acid-Catalyzed Transesterifikasi, *Fuel*, **88**: 560-565.

Stavarache, C., Vinatoru, M., dan Maeda, Y., 2007, Aspects of Ultrasonically Assisted Transesterification of Various Vegetable Oils With methanol, *Ultrasonics Sonochemistry*, **14**; 380-386.

Sulistyo, J., 2010, *Eksplorasi Sumber Daya Mikroba Penghasil Lemak Sel Tunggal Untuk Pengembangan Bioenergi Alternatif Berbasis Biodiesel dan Biometan*, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI).

Suppes, G.J., Dasari, M.A., Doskocil, E.J., Mankidy, P.J., dan Goff, M.J., 2004, Transesterification of Soybean Oil with Zeolite and Metal Catalysts, *Applied Catalysis A: General*, **257**(2): 213-223.

Surya, D., 2006, *Optimalisasi Proses Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Jarak Pagar (Jathropa curcas L.) Dengan Menggunakan Katalis KOH Berdasarkan Variasi Suhu*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Susilo, B., Hawa, L.C., dan Hermanto, M.B., 2010, Rasio Input Energi dan Volume Reaktan pada Penerapan Ultrasonik untuk Pengolahan Biodiesel, *Jurnal Keteknikan Pertanian*, **24**(2): 95-99.

Taba, P., Zakir, M., Kasim, A.H., dan Fauziah, S., 2011, *Penuntun Praktikum Kimia Fisika*, Laboratorium Kimia Fisika, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Taufiq, M., Bintang, M., Aisyah, dan Saleh, A., 2015, Sintesis Biodiesel dari Minyak Biji Nyamplung (*Callophyllum innophyllum L.*) dengan Metode Ultrasonokimia, *Chemica et Natura Acta*, **3** (2); 84-89.

Ubaidilah, I., Triadini, R., dan Evina, 2009, *Pemurnian Minyak Jelantah dengan Kulit Pisang Kepok (Musa Paradisiacal, linn) untuk Pedagang Makanan Di elap Nyawang*, Program Kreativitas Mahasiswa, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

M., 2001, An Overview of The Ultrasonically Assisted Extraction of Bioactive Principles from Herbs, *Ultrasonics Sonochemistry*, **8**; 301-313.

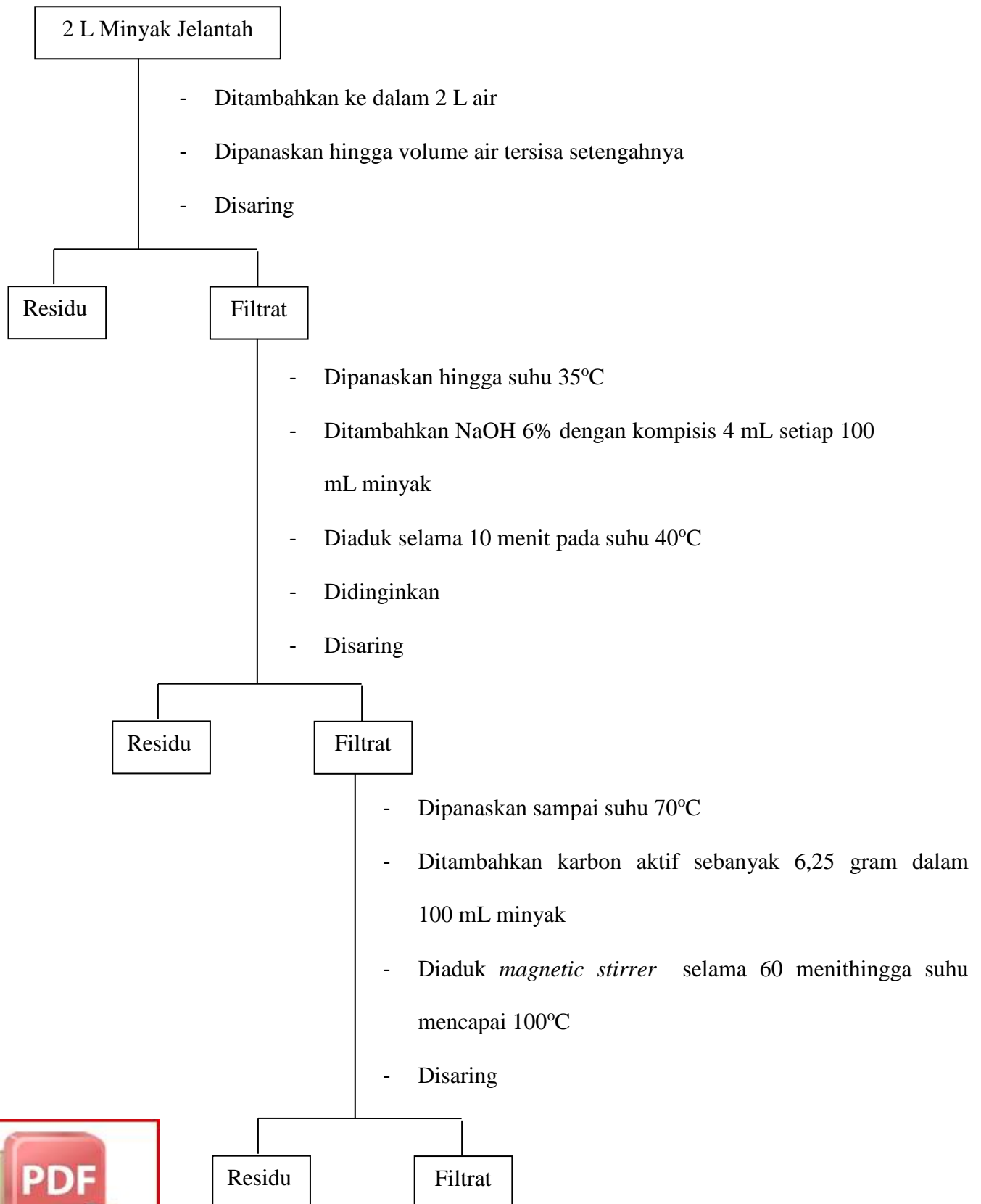


- Wahyuni, A., 2010, *Karakterisasi Mutu Biodiesel dari Minyak Kelapa Sawit Berdasarkan Perlakuan Tingkat Suhu yang Berbeda menggunakan Reaktor Sirkulasi*, Skripsi Tidak Diterbitkan, Departemen Kimia, Institut Pertanian Bogor, Bogor
- Wang, Y., Ou, S., Liu, P., dan Zhang, Z., 2007, Preparation of Biodiesel from Waste Cooking Oil Via Two-Step Catalyzed Process, *Energy Conversion and Management*, **48**: 184-188.
- Wendi., Cuaca, V., dan Taslim., 2015, Pengaruh Suhu Reaksi dan Jumlah Katalis Pada Pembuatan Biodiesel dari Limbah Lemak Sapi dengan Menggunakan Katalis Heterogen CaO dari Kulit Telur Ayam, *Jurnal Teknik Kimia USU*, **4**(1): 35-41.
- Wicakso, D.R., 2011, Sintesis Biodiesel dari Crude Palm Oil dengan Katalis Alumina Hasil Recovery Limbah Padat Lumpur PDAM Intan Banjar, *Info Teknik*, **12**(1): 21-30.
- Zabeti, M., Daud, W.M.A., dan Aroua, M.K., 2009, Activity of Solid Catalysts for Biodiesel Production, *Fuel Processing Technology Journal, Elsevier Ltd*, **90**(6): 770-777.
- Zhang, Y., Dube, M.A., McLean, D.D., dan Kates, M., 2003, Biodiesel Production from Waste Cooking Oil 1: Process Design And Technological Assessment, *Bioresource Technology*, **89**: 1-16.

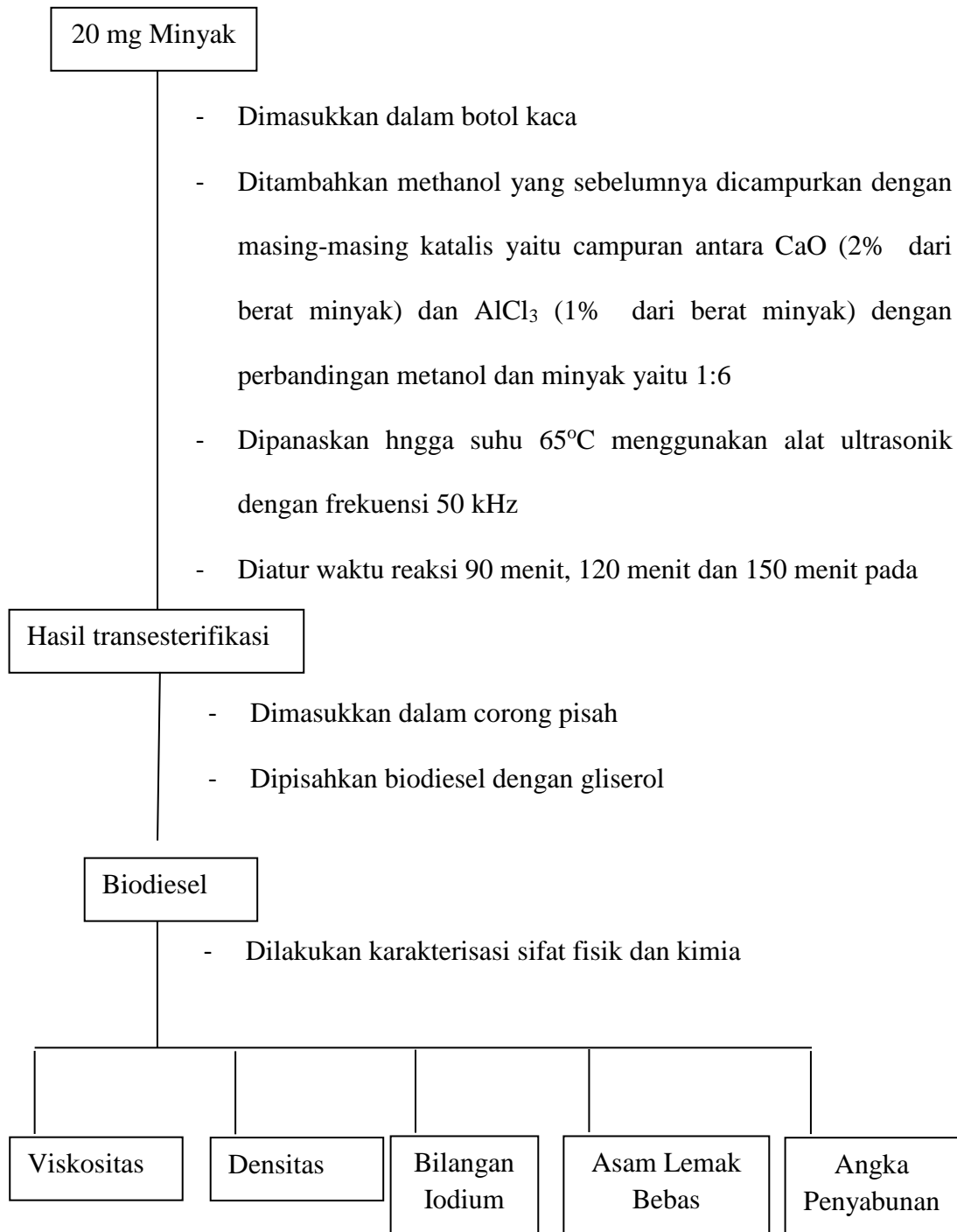




## Lampiran 1. Pemurnian Minyak Jelantah

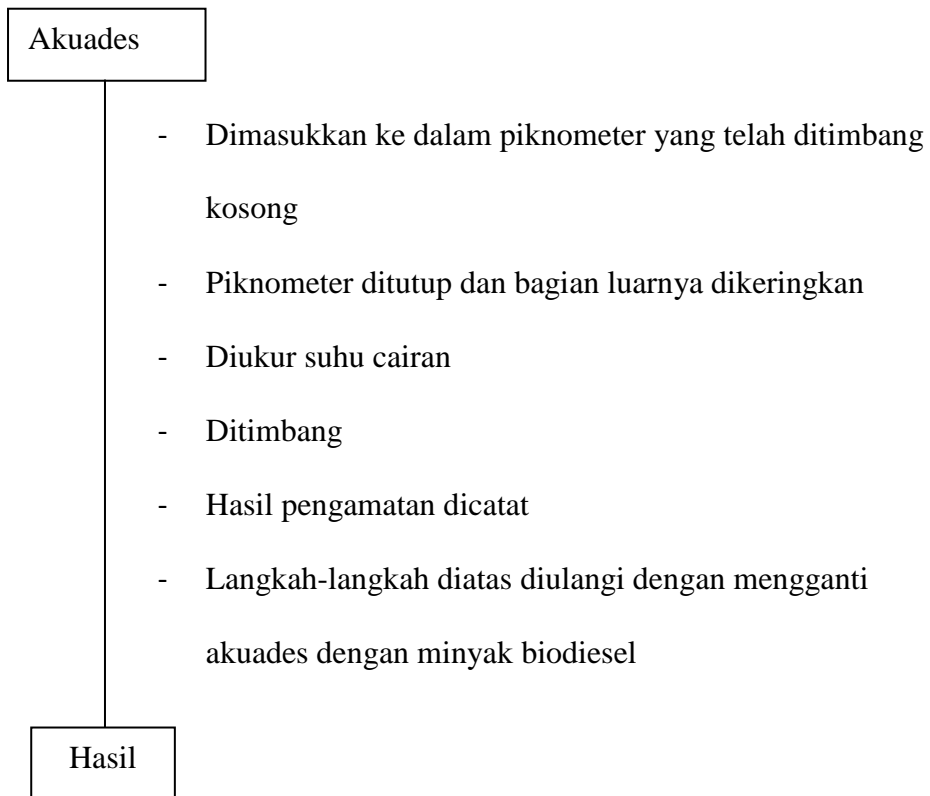


## Lampiran 2. Sintesis Biodiesel Melalui Metode Ultrasonik

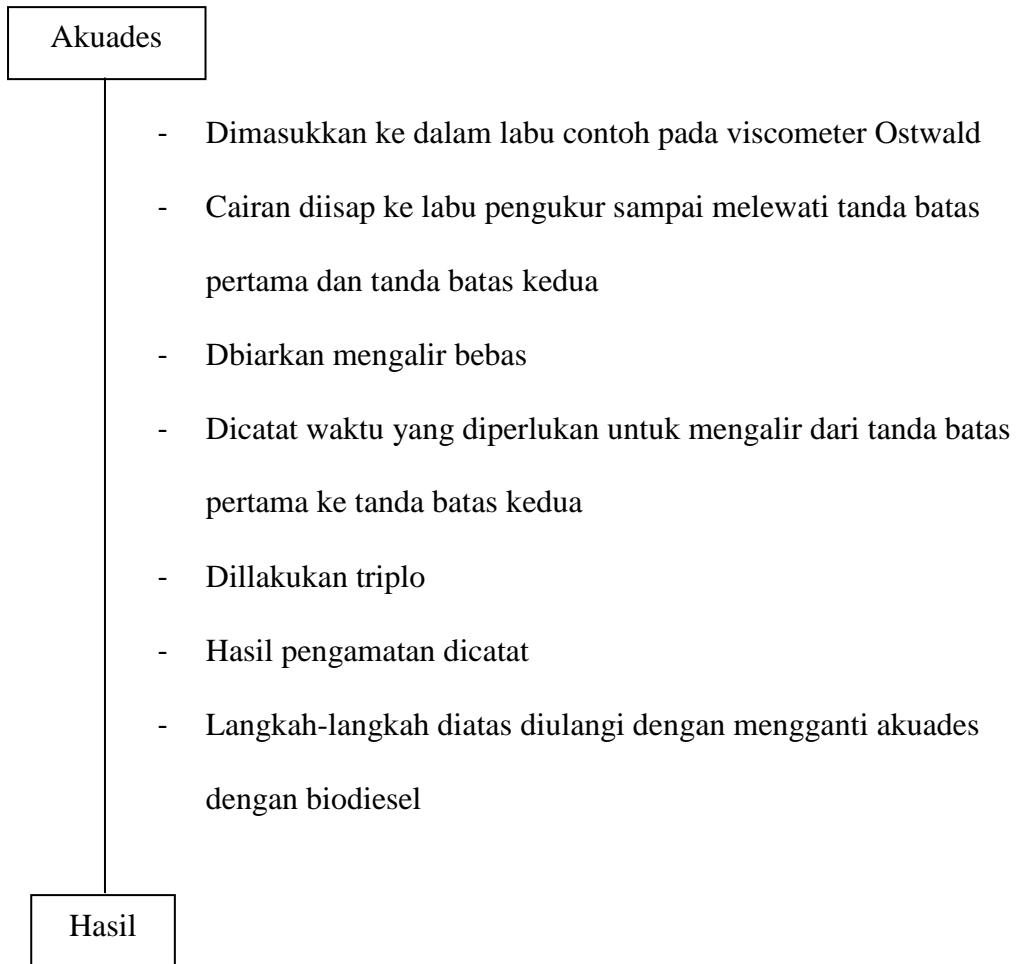




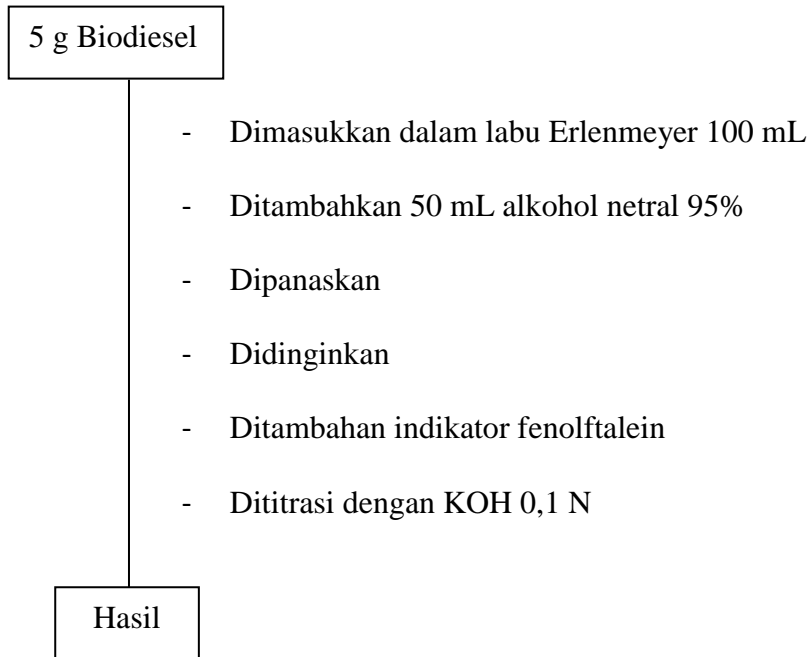
### Lampiran 3. Analisis Densitas Biodiesel



#### Lampiran 4. Analisis Viskositas Biodiesel



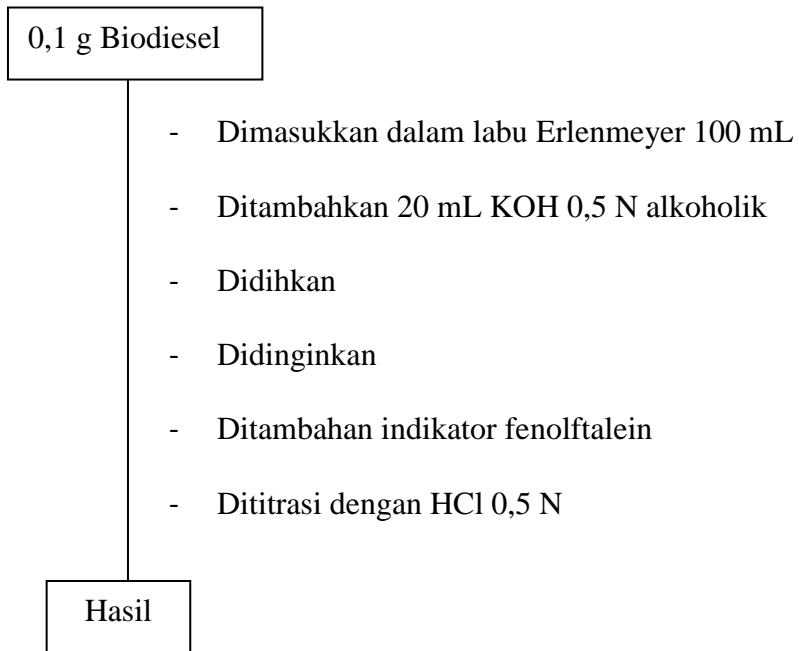
## Lampiran 5. Analisis Asam Lemak



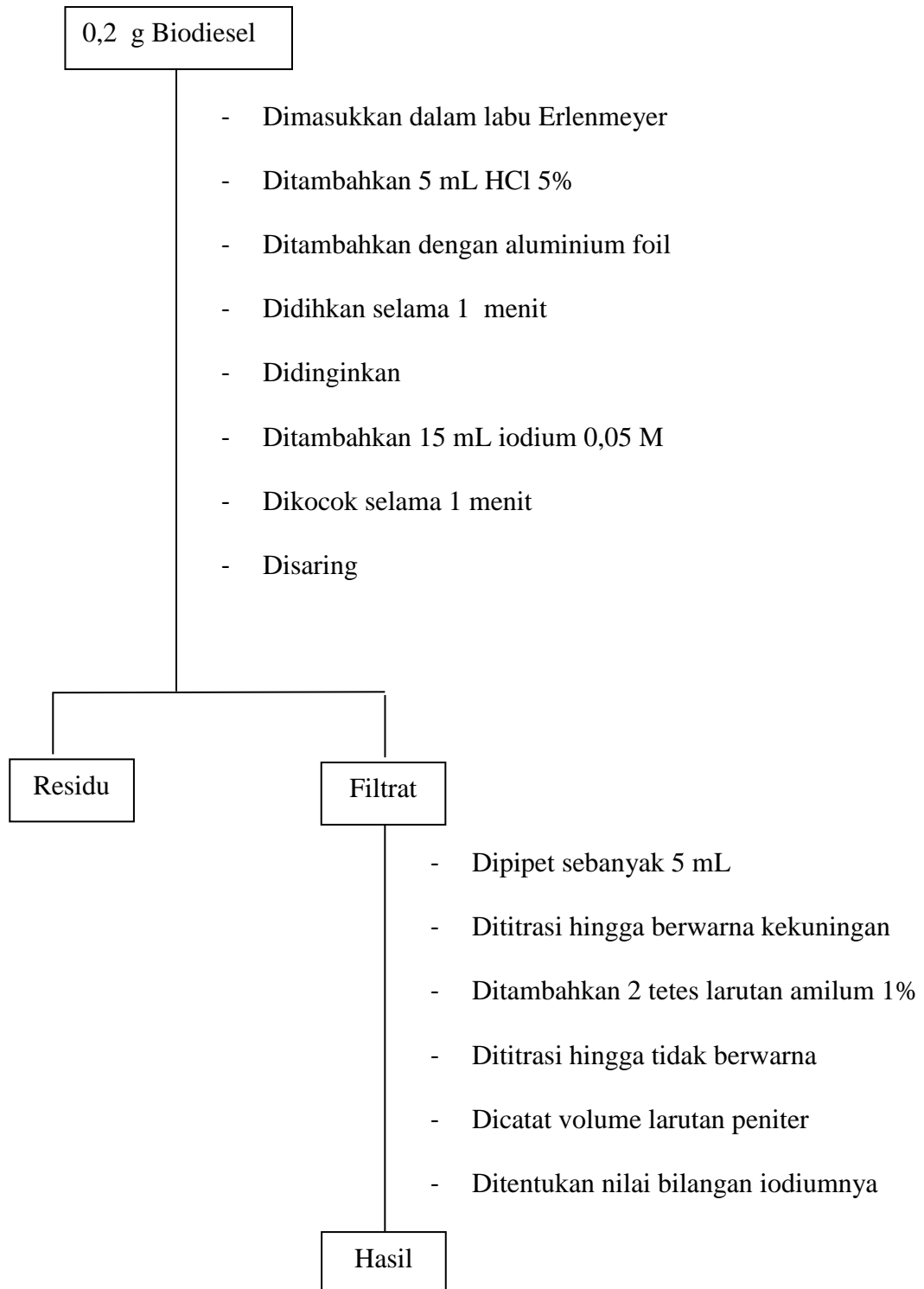
Catatan : Prosedur di atas dilakukan untuk minyak dan biodiesel



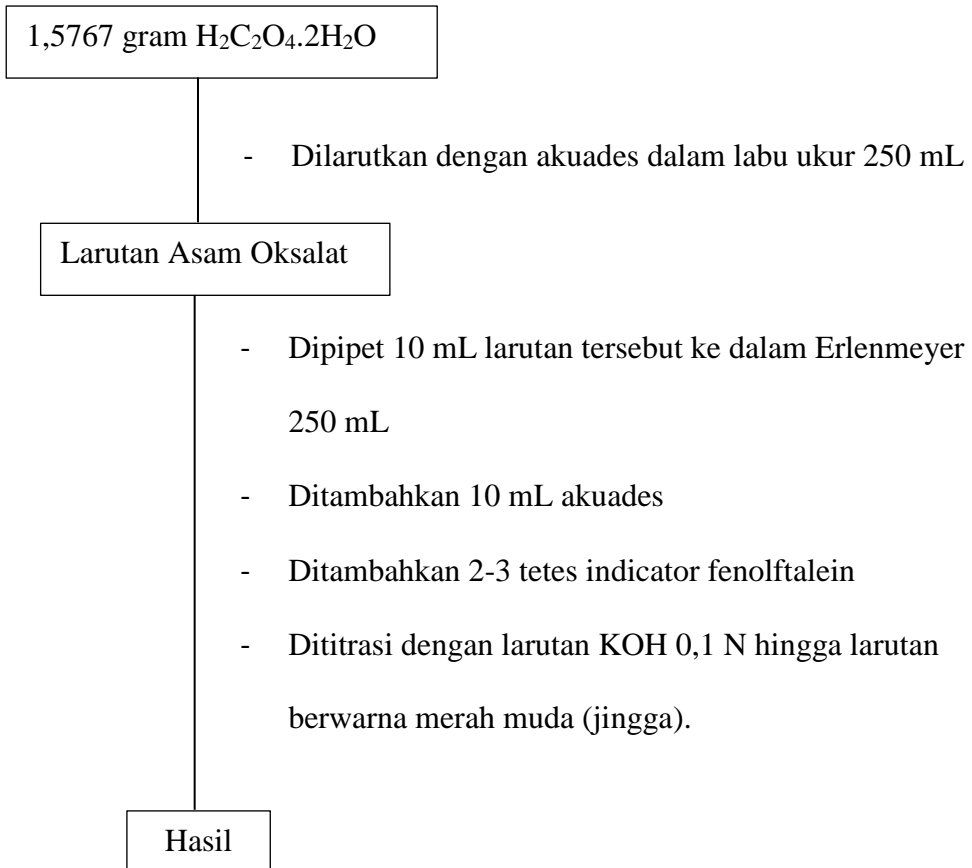
## Lampiran 6. Analisis Angka Penyabunan Biodiesel



## Lampiran 7. Analisis Bilangan Iodium



## Lampiran 8. Standarisasi Larutan KOH 0,1 N



## Lampiran 9. Standarisasi Larutan HCl 0,5 N

2,3830 gram  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$

- Dimsukkan ke dalam gelas kimia 100 mL
- Dilarutkan dalam 10 mL akuades sambil dipanaskan
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 25 mL dan dihipitkan dengan akuades

Larutan Boraks

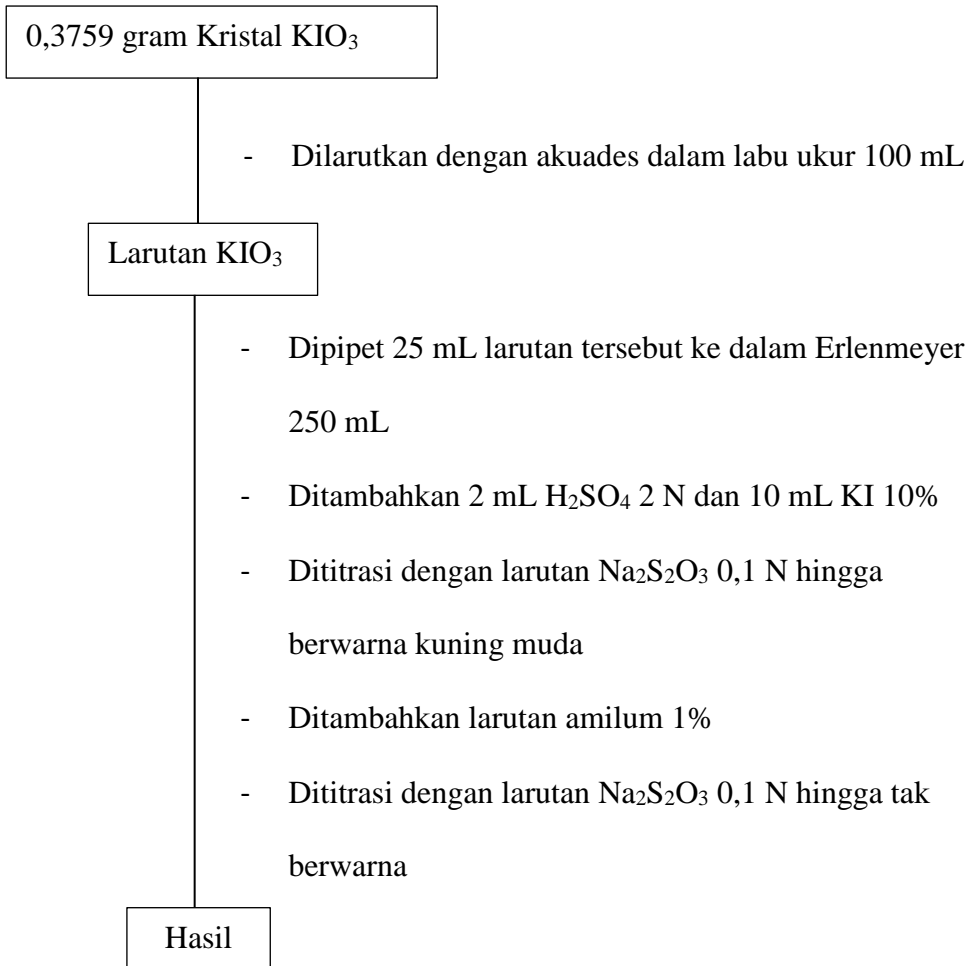
- Dipipet 3 mL larutan tersebut ke dalam Erlenmeyer 250 mL
- Ditambahkan 2-3 tetes indikator MO
- Dititrasi dengan larutan HCl 0,5 N hingga larutan berwarna merah muda (jingga).

Hasil





### Lampiran 10. Standarisasi Larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0,1 N



## Lampiran 11. Perhitungan Rendemen Biodiesel

### a. $\text{AlCl}_3$ 1% (90 menit)

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{0,9763 \text{ gram}}{25,3417 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 3,8525\%\end{aligned}$$

### b. $\text{AlCl}_3$ 1% (120 menit)

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{2,2335 \text{ gram}}{25,1735 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 8,8724\%\end{aligned}$$

### c. $\text{AlCl}_3$ 1% (150 menit)

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{1,7505 \text{ gram}}{25,2189 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 6,9412\%\end{aligned}$$

### d. $\text{CaO}$ 1% (90 menit)

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{3,705 \text{ gram}}{20 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 18,525\%\end{aligned}$$



**e. CaO 2% (90 menit)**

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{14,81 \text{ gram}}{50 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 29,62\%\end{aligned}$$

**f. CaO 2% dan AlCl<sub>3</sub> (90 menit)**

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{12,0489 \text{ gram}}{27,2265 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 44,2543\%\end{aligned}$$

**g. CaO 2% dan AlCl<sub>3</sub> (120 menit)**

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{15,1051 \text{ gram}}{26,9777 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 55,9910\%\end{aligned}$$

**h. CaO 2% dan AlCl<sub>3</sub> (150 menit)**

$$\begin{aligned}\% \text{ rendemen} &= \frac{\text{berat biodiesel}}{\text{berat minyak}} \times 100\% \\ &= \frac{13,0885 \text{ gram}}{20,3177 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 64,4192\%\end{aligned}$$



## Lampiran 12. Perhitungan Densitas Biodiesel

No	Nama sampel	Bobot (gram)	
		Akuades	Sampel
1	Biodiesel 1	9,8731	8,6334
2	Biodiesel 2	9,9282	8,6435
3	Biodiesel 3	9,8914	8,6335

Keterangan :

Biodiesel 1 : waktu reaksi 90 menit

Biodiesel 2 : waktu reaksi 120 menit

Biodiesel 3 : waktu reaksi 150 menit

### a. Biodiesel 1

$$S_g^t = \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot akuades}}$$

$$= \frac{8,6334 \text{ g}}{9,8731 \text{ g}}$$

$$= 0,8744$$

$$d_{aq}^t (30^\circ\text{C}) = 0,995402 \text{ g/cm}^3$$

$$d_4^t = S_g^t \times d_{aq}^t (30^\circ\text{C})$$

$$= 0,8744 \times 0,995402 \text{ g/cm}^3$$

$$= 0,8704 \text{ g/cm}^3$$

### b. Biodiesel 2

$$S_g^t = \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot akuades}}$$

$$= \frac{8,6435 \text{ g}}{9,9282 \text{ g}}$$

$$= 0,8706$$

$$) = 0,995402 \text{ g/cm}^3$$



$$\begin{aligned}
 d_4^t &= S_g^t \times d_{aq}^t (30^\circ\text{C}) \\
 &= 0,8706 \times 0,995402 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0,8665 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$

**c. Biodiesel 3**

$$\begin{aligned}
 S_g^t &= \frac{\text{Bobot Biodiesel}}{\text{Bobot akuades}} \\
 &= \frac{8,6335 \text{ g}}{9,8914 \text{ g}} \\
 &= 0,8695
 \end{aligned}$$

$$d_{aq}^t (30^\circ\text{C}) = 0,995402 \text{ g/cm}^3$$

$$\begin{aligned}
 d_4^t &= S_g^t \times d_{aq}^t (30^\circ\text{C}) \\
 &= 0,8695 \times 0,995402 \text{ g/cm}^3 \\
 &= 0,8655 \text{ g/cm}^3
 \end{aligned}$$



### Lampiran 13. Perhitungan Viskositas Biodiesel

No	Sampel	Densitas	Waktu (s)			Waktu Rata-Rata (s)
			I	II	III	
1	Akuades	0,9956	60	60	60	60
2	Biodiesel 1	0,8704	432	439	440	437
3	Biodiesel 2	0,8665	423	431	436	430
4	Biodiesel 3	0,8655	416	423	426	421

#### a. Biodiesel 1

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{\rho_c t_c}{\rho_a t_a} \times \eta_a \\ &= \frac{0,8704 \text{ g/cm}^3 \times 437 \text{ s}}{0,9956 \text{ g/cm}^3 \times 60 \text{ s}} \times 0,8818 \text{ cP} \\ &= 5,6147 \text{ cP} \\ &= 6,4508 \text{ cSt} \end{aligned}$$

#### b. Biodiesel 2

$$\begin{aligned} \eta_c &= \frac{\rho_c t_c}{\rho_a t_a} \times \eta_a \\ &= \frac{0,8665 \text{ g/cm}^3 \times 430 \text{ s}}{0,9956 \text{ g/cm}^3 \times 60 \text{ s}} \times 0,8818 \text{ cP} \\ &= 5,5001 \text{ cP} \\ &= 6,347 \text{ cSt} \end{aligned}$$

#### c. Biodiesel 3

$$\eta_c = \frac{\rho_c t_c}{\rho_a t_a} \times \eta_a = \frac{0,8655 \text{ g/cm}^3 \times 421 \text{ s}}{0,9956 \text{ g/cm}^3 \times 60 \text{ s}} \times 0,8818 \text{ cP} = 5,3787 \text{ cP} = 6,2146 \text{ cSt}$$



## Lampiran 14. Perhitungan Asam Lemak Bebas

### Minyak Jelantah

Standarisasi KOH 0,1 dengan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,1 N

V KOH (1) = 9 mL

V KOH x N KOH = V H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> x N H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

9,2 mL x N KOH = 10 mL x 0,1 N

$$N \text{ KOH} = \frac{10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}}{9 \text{ mL}} = 0,1111$$

V KOH (2) = 9,1 mL

V KOH x N KOH = V H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> x N H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

9 mL x N KOH = 10 mL x 0,1 N

$$N \text{ KOH} = \frac{10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}}{9,1 \text{ mL}} = 0,1098$$

$$N \text{ KOH} = \frac{N \text{ KOH} (1) + N \text{ KOH} (2)}{2} = \frac{0,1111 \text{ N} + 0,1098 \text{ N}}{2} = 0,1104 \text{ N}$$

### Kadar asam lemak bebas minyak jelantah

#### Sebelum pemurnian

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{0,1104 \text{ N} \times 5 \text{ mL} \times 256}{5,02 \text{ g} \times 1000} \times 100\% = 2,8163\%$$

#### Sesudah pemurnian

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{0,1104 \text{ N} \times 0,9 \text{ mL} \times 256}{5,30 \text{ g} \times 1000} \times 100\% = 0,4799\%$$

### Biodiesel

Standarisasi KOH 0,01 N dengan H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 0,01 N

V KOH (1) = 9,2 mL

V KOH x N KOH = V H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> x N H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub>

N KOH = 10 mL x 0,01 N

$$N \text{ KOH} = \frac{10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N}}{9,2 \text{ mL}}$$





$$= \frac{0,1 \text{ N}}{9,2 \text{ mL}} = 0,0108 \text{ N}$$

$$V \text{ KOH (2)} = 9 \text{ mL}$$

$$V \text{ KOH} \times N \text{ KOH} = V \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \times N \text{ H}_2\text{C}_2\text{O}_4$$

$$9 \text{ mL} \times N \text{ KOH} = 10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N}$$

$$N \text{ KOH} = \frac{10 \text{ mL} \times 0,01 \text{ N}}{9 \text{ mL}}$$

$$= \frac{0,1 \text{ N}}{9 \text{ mL}} = 0,0111$$

$$N \text{ KOH} = \frac{N \text{ KOH (1)} + N \text{ KOH(2)}}{2} = \frac{0,0108 \text{ N} + 0,0111 \text{ N}}{2} = 0,0109 \text{ N}$$

### **Kadar Asam Lemak Bebas Biodiesel**

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{N \text{ KOH} \times V \text{ KOH} \times 256}{\text{Berat sampel} \times 1000} \times 100\%$$

#### **Biodiesel 1**

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{0,0109 \text{ N} \times 1,1 \text{ mL} \times 256}{1,06 \text{ g} \times 1000} \times 100 = 0,2896\%$$

#### **Biodiesel 2**

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{0,0109 \text{ N} \times 1 \text{ mL} \times 256}{1,06 \text{ g} \times 1000} \times 100 = 0,2632\%$$

#### **Biodiesel 3**

$$\% \text{ Asam Lemak Bebas} = \frac{0,0109 \text{ N} \times 0,8 \text{ mL} \times 256}{1,16 \text{ g} \times 1000} \times 100 = 0,1924\%$$



## Lampiran 15. Perhitungan Angka Penyabunan Biodiesel

### Standarisasi Larutan HCl 0,5 N dari Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> · 10H<sub>2</sub>O 0,5 N

$$V \text{ HCl (1)} = 3,1 \text{ mL}$$

$$V \text{ HCl} \times N \text{ HCl} = V \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \times N \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$3,1 \text{ mL} \times N \text{ HCl} = 3 \text{ mL} \times 0,5 \text{ N}$$

$$N \text{ HCl} = \frac{3 \text{ mL} \times 0,5 \text{ N}}{3,1 \text{ mL}} = 0,4838 \text{ N}$$

$$V \text{ HCl (2)} = 3 \text{ mL}$$

$$V \text{ HCl} \times N \text{ HCl} = V \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O} \times N \text{ Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$$

$$3 \text{ mL} \times N \text{ HCl} = 3 \text{ mL} \times 0,5 \text{ N}$$

$$N \text{ HCl} = \frac{3 \text{ mL} \times 0,5 \text{ N}}{3 \text{ mL}} = 0,5 \text{ N}$$

$$N \text{ HCl} = \frac{N \text{ HCl (1)} + N \text{ HCl (2)}}{2} = \frac{0,04838 \text{ N} + 0,5 \text{ N}}{2} = 0,4919 \text{ N}$$

$$V \text{ HCl blanko} = 7 \text{ mL}$$

### Angka Penyabunan Biodiesel

$$\text{Angka Penyabunan} = \frac{V \text{ HCl}_{\text{blanko}} - V \text{ HCl}_{\text{sampel}}}{\text{Berat sampel}} \times N \text{ HCl} \times 56,1$$

#### Biodiesel 1

$$\text{Angka Penyabunan} = \frac{7 \text{ mL} - 6,5 \text{ mL}}{0,54 \text{ g}} \times 0,4919 \text{ N} \times 56,1 = 25,9722 \text{ mg KOH/g}$$

#### Biodiesel 2

$$\text{Angka Penyabunan} = \frac{7 \text{ mL} - 6,4 \text{ mL}}{0,57 \text{ g}} \times 0,4919 \text{ N} \times 56,1 = 29,0479 \text{ mg KOH/g}$$

#### Biodiesel 3

$$\text{Angka Penyabunan} = \frac{7 \text{ mL} - 6,1 \text{ mL}}{0,51 \text{ g}} \times 0,4919 \text{ N} \times 56,1 = 48,6981 \text{ mg KOH/g}$$

## Lampiran 16. Perhitungan Bilangan Iodium Biodiesel



### Standarisasi Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1 N dari KIO<sub>3</sub> 0,1 N

$$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (1) = 10,5 \text{ mL}$$

$$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = V \text{ KIO}_3 \times N \text{ KIO}_3$$

$$10,5 \text{ mL} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}$$

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}}{10,5 \text{ mL}} = 0,095 \text{ N}$$

$$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (1) = 10,2 \text{ mL}$$

$$V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = V \text{ KIO}_3 \times N \text{ KIO}_3$$

$$10,2 \text{ mL} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}$$

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{10 \text{ mL} \times 0,1 \text{ N}}{10,2 \text{ mL}} = 0,098 \text{ N}$$

$$N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = \frac{N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (1) + N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 (2)}{2} = \frac{0,095 \text{ N} + 0,098 \text{ N}}{2} = 0,0965 \text{ N}$$

$$V \text{ blanko} = 1,7 \text{ mL}$$

### Bilangan Iodium Biodiesel

$$\text{Bilangan Iodium} = \frac{V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{blanko} - V \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{sampel} \times N \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times \text{BE Iod}}{\text{Berat Sampel}}$$

#### Biodiesel 1

$$\text{Bilangan Iodium} = \frac{(1,7 \text{ mL} - 0,8 \text{ mL}) 0,0965 \text{ N} \times 126,9}{0,21} = 54,4822 \text{ gI}_2/100\text{g}$$

#### Biodiesel 2

$$\text{Bilangan Iodium} = \frac{(1,7 \text{ mL} - 0,8 \text{ mL}) 0,0965 \text{ N} \times 126,9}{0,22} = 50,0966 \text{ gI}_2/100\text{g}$$

#### Biodiesel 3

$$\text{Bilangan Iodium} = \frac{(1,7 \text{ mL} - 0,9 \text{ mL}) 0,0965 \text{ N} \times 126,9}{0,24} = 40,8195 \text{ gI}_2/100\text{g}$$



## Lampiran 17. Dokumentasi Proses Pemurnian Minyak

### a. Proses *Despicing*



### b. Proses Netralisasi



### c. Proses *Bleaching*



## Lampiran 18. Dokumentasi Proses Transesterifikasi

### a. Proses Sintesis Biodiesel



### b. Proses Pemisahan



Proses pemisahan fase atas (biodiesel) dan fase bawah (gliserol) ( $\text{AlCl}_3$ )



Proses pemisahan fase atas (biodiesel) dan fase bawah (gliserol) ( $\text{CaO-AlCl}_3$ )



c. Biodiesel

