

DAFTAR PUSTAKA

- Ayu, diah. 2019. "Pengaruh Waktu Reaksi dan Konsentrasi Katalis Terhadap Proses Transesterifikasi dalam Pembuatan Biodiesel dari Jelantah dengan Katalis Abu Layang Batubara."
- Azhari, imam, and universitas medan area. 2023. "Fakultas Teknik Universitas Medan Area Medan Skripsi Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Fakultas Teknik Universitas Medan Area oleh : imam azhari Fakultas Teknik Medan."
- Changmai et al. 2020. "Widely Used Catalysts in Biodiesel Production :". 41625–79. doi: 10.1039/d0ra07931f.
- Damayanti, Fitri, Titin Supriyatin, and Titin Supriyatin. 2020. "Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Sebagai Upaya Peningkatan Kepedulian Masyarakat Terhadap Lingkungan." *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat* 5(1):161–68. doi: 10.31849/dinamisia.v5i1.4434.
- Darmawan, Ferry I., and I. Wayan Susila. 2013. "Proses Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Dengan Metode Dry-Wash System." *Jtm* 2(1):80–87.
- Devita, Liza, Sekolah Tinggi Penyuluhan, and Pertanian Medan. 2015. "Biodiesel Sebagai Bioenergi Alternatif Dan Prospektif." *Agrica Ekstensia* Vol. 9 No.:23–26.
- Ramadhani. 2024. "Minyak Jelantah." 7(2).
- Efri Mardawati, Mahdi Singgih Hidayat, Devi Maulida Rahmah, and SRosalinda. 2019. "Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Sawit Kasar Off Grade Dengan Variasi Pengaruh Asam Sulfat Pada Proses Esterifikasi Terhadap Mutu Biodiesel Yang Dhasilkan." *Jurnal Industri Pertanian* – 01:46–60. doi: Jurnal Teknik Pertanian.
- Fadhillah, Ghina Nurul, and Dessy Agustina Sari. 2023. "Produksi Biodiesel Yang Berbahan Baku Kelapa Sawit Dengan Melibatkan Katalis Homogen Dan Heterogen." *Pena: Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi* 37(2):87. doi: 10.31941/jurnalpena.v37i2.2484.
- fikri et al. 2023. "Asian Journal Of." 1(2):189–99.
- Gumahin, Arjun C., Jounnever M. Galamiton, Meljane J. Allerite, Rohoney S. Valmorida, Jay R. L. Laranang, Val Irvin F. Mabayo, Renato O. Arazo, and Alexander L. Ido. 2019. "Response Surface Optimization of Biodiesel Yield from Pre - Treated Waste Oil of Rendered Pork from a Food Processing Industry." *Bioresources and Bioprocessing*. doi: 10.1186/s40643-019-0284-2.
- Gupta, Vartika, and Kishan Pal Singh. 2022. "Materials Today : Proceedings The Impact of Heterogeneous Catalyst on Biodiesel Production ; a Review." (xxxx).
- Hadrah, Hadrah, Monik Kasman, and Fitria Mayang Sari. 2018. "Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel Dengan Proses Transesterifikasi." *Jurnal Daur Lingkungan* 1(1):16. doi: 10.33087/daurling.v1i1.4.
- Hartono, Rudi. 2022. "Biodiesel B30 Terhadap Spesific Fuel Consuption (SFC) Mesin Wartsila PLTGD 30 MW." *DINAMIKA Jurnal Teknik Mesin* 7(2):27–30. doi:

10.33387/dinamik.v7i2.6051.

- Haryanto, Agus, and Sri Hidayati. 2014. "Pengaruh Rasio Molar dan Waktu Reaksi Terhadap Hasil dan Gelombang Ultrasonik [Effect Of Molar Ratio and Reaction Time On The Yield and Quality Of Biodiesel Produced by Ultrasonic-Aided Transesterification Of Waste Cooking Oil]." 3(1):49–58.
- Haryono, Yati B. Yuliyati, Atiek Rostika Noviyanti, Mochammad Rizal, and Sarifah Nurjanah. 2020. "Characterization of Biodiesel Made from Kemiri Sunan Oil Using Heterogeneous Silica Catalyst Impregnated by Calcium Oxide." *Jurnal Penelitian Hasil Hutan* 38(1):1–68.
- Hidayati, Nur, Tesa Suci Ariyanto, Program Studi, Teknik Kimia, and Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2017. "Kalsium Oksida." 1(1):1–5.
- Htc, Cao. 2022. "V13 N2." (September 2021):417–25.
- Isalmi Aziz. 2021. "Kinetika Reaksi Transesterifikasi Minyak Goreng Bekas." *Jurnal Kimia Valensi* 1(1):19–23.
- Issue, Volume, Nur Asma Deli, Antonius Jumadi Sihotang, and Hanifah Khairiah. 2024. "JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Goreng Bekas Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Sawit." 7(1):1–7.
- Jaya, Danang, Tunjung Wahyu Widayati, Hanum Salsabiela, Muhammad Fathan, and Abdul Majid. 2022. "Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis Heterogen Production of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using Heterogeneous Catalyst." 19(1):29–34.
- Komalasari, Wieta B. 2022. "Analisis Kinerja Perdagangan Jagung (Semester I 2022)." *Pusat Data Dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian* 10(1B):69.
- Kusyanto, Kusyanto, and Purwa Aditya Hasmaru. 2017. "Pemanfaatan Abu Sekam Padi Menjadi Katalis Heterogen Dalam Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Sawit." *Journal of Tropical Pharmacy and Chemistry* 4(1):14–21. doi: 10.25026/jtpc.v4i1.127.
- Lee, Adam F., James A. Bennett, Jinesh C. Manayil, Karen Wilson, and Adam F. Lee. 2014. "Chem Soc Rev Heterogeneous Catalysis for Sustainable Biodiesel Production via Esterification and Transesterification." 7887–7916. doi: 10.1039/c4cs00189c.
- Marwanto, Melisa Oktaviani Silitinga, Yudhi Harini Bertham, Merakati Handajaningsih, and Prasetyo. 2023. "Azolla Compost-Based Organomineral Fertilizer for Increasing N Uptake, Growth, and Yield of Green Onion." *AIP Conference Proceedings* 2583(3):189–96. doi: 10.1063/5.0116207.
- mauro et al. 2020. "E Ffi Ciency Evaluation on the Influence of Washing Methods for Biodiesel Produced from High Free."
- Meilianti. 2017. "Isolasi Kalsium Oksida (CaO) Pada Cangkang Sotong (Cuttlefish) Dengan Proses Kalsinasi Menggunakan Asam Nitrat Dalam Pembuatan Precipitated Calsium Carbonat (PCC)." *Jurnal Distilasi* 2(1):1–8.

- Oko, Syarifuddin, and Diva Oita Kurniawan. 2025. "Optimalisasi Waktu Reaksi Dan Konsentrasi Katalis Fly Ash Dalam Produksi Biodiesel Dari Minyak Jelantah." 21(1):1–8.
- Pasaribu, Ahmad Taufik, Retno Ambarwati Sigit Lestari, and Rudi Firyanto. 2023. "Pembuatan Biodiesel Dengan Cara Adsorpsi Kulit Pisang Kepok Dan Transesterifikasi Dari Minyak Goreng Bekas." *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering* 3(2):40. doi: 10.56444/cjce.v3i2.3151.
- van Pelt, Marc, Dessy Agustina Sari, Muhammad Fahmi Hakim, Grace Trinita, Dessy Agustina Sari, and Muhammad Fahmi Hakim. 2025. "Effect of Time Variation and Mole Ratio on Biodiesel Production from Coconut Oil Using CaO Catalyst via Transesterification Method Pengaruh Variasi Waktu Dan Rasio Mol Pada Produksi Biodiesel Dari Minyak Kelapa Menggunakan Katalis CaO Melalui Metode Trans." 9(2):289–95. doi: 10.30595/jrst.v9i2.24387.
- Photon, Jurnal. 2016. "Dengan Katalis Heterogen CaO dari Cangkang Kerang Darah $\ln k = \ln a - \ln k = -$." 7(1):39–44.
- Poerwadi, Bambang, Bambang Ismuyanto, Ahmad Ridwan Rosyadi, and Ayu Indah Wibowo. 2019. "Kinetika Reaksi Transesterifikasi Menggunakan Microwave Pada Produksi Biodiesel Dari Minyak Jarak." *Jurnal Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan* 3(1):6–11.
- Prandika, Luhur. 2013. "WO 3 Hasil Sintesa Sol Gel Dengan Variasi." 2(2):0–5.
- Ramadani, Ramadani, Azhari Azhari, Rizka Mulyawan, Nasrul ZA, and Lukman Hakim. 2023. "Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Biji Kepayang (Pangium Edule Reinw) Menggunakan Katalis Basa Heterogen Dari Limbah Cangkang Kerang Darah." *Journal of Biodiesel Research and Innovation (Journal of BRAIN)* 1(1):9. doi: 10.29103/jbrain.v1i1.13378.
- Reaksi, Reaksidan Temperatur. 2013. "Penurunan Kadar." 11(1):39–44.
- Romadhona, 2024. "Perkembangan Biodiesel Di Indonesia : Review Regulasi Dan Perspektif Pada Masa Mendatang." (5):1–6.
- Sahbana, M. A., and N. Fuhaid. 2012. "Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Awal Biodiesel Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Daya Pada Motor Diesel 4 Tak 4 Silinder." *Proton: Jurnal Ilmu-Ilmu Teknik Mesin* 4(1):6–11.
- Sains, fakultas, d. A. N. Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, and Banda Aceh. 2021. "Literature Review : Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Sintesis Katalis Heterogen CaO"
- Shell, From Egg, and Rice Husk Extract. 2024. "Karakterisasi Biodiesel Dari Minyak Jelantah Menggunakan Katalis CaO / SiO₂ Dari Ekstrak Cangkang Telur Dan Sekam Padi Characterization of Biodiesel from Waste Cooking Oil Using CaO / SiO₂ Catalyst." 6(2):120–29.
- Sinaga, Shilvia Vera, Agus Haryanto, and Sugeng Triyono. 2014. "Pengaruh Suhu Dan Waktu Reaksi Pada Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Jelantah." *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 3(1):27–34.

- Suminar, Dian Ratna, Faradila Anindita, Ramadhana Suci Fajriati, and Rony Pasonang Sihombing. 2023. "Sintesis Asam Levulinat Melalui Metode Esterifikasi Dengan Etanol 96% Menggunakan Katalis Heterogen Berbasis Biomassa Untuk Pembuatan Zat Aditif Bahan Bakar." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* 14(1):481–87. doi: 10.35313/irwns.v14i1.5433.
- Sunardi, Utami Irawati, and Totok Wianto. 2011. "Karakterisasi Kaolin Lokal Kalimantan Selatan Hasil Kalsinasi." *Jurnal Fisika FLUX* 8(1):59–65.
- Supriyanto, Ismanto, and Dan Nuryo Suwito. 2019. "Zeolit Alam Sebagai Katalis Pyrolysis Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair: Natural Zeolite as Pyrolysis Catalyst of Used Tires into Liquid Fuels." *Automotive Experiences* 2(1):15–21. doi: 10.31603/ae.v2i1.2377.
- Susanto, Dinar Agus. 2020. "Daya Saing Ekspor Produk Cpo Indonesia Dan Potensi Hilirisasi Diolah Menjadi Biodiesel." *Jurnal Perspektif Bea Dan Cukai* 4(2). doi: 10.31092/jpbc.v4i2.952.
- Wati, Ida, and Dyah Setyo Pertiwi. 2023. "Pengaruh Waktu , Suhu Dan Rasio Reaksi Transesterifikasi Pada Kualitas Biodiesel Dari Minyak Biji Kesambi (*Schleichera Oleosa Lour*) The Effect of Time , Temperature and Transesterification Reaction Ratio on Biodiesel Quality of Kesambi Seed Oil (*Schleichera Oleosa Lour*)." 07(02):31–44.
- Widiarti, n., and e kusumastuti. 2015. "modifikasi katalis cao dengan sro pada reaksi transesterifikasi minyak jelantah menjadi biodiesel menggunakan info artikel." *Jurnal mipa* 38(1):49–56.
- Yanti, Pepi Helza, and Yendro Gandi. 2020. "Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Sifat Fisika-Kimia Hidroksiapatit Dari Cangkang Geloina Coaxans." *Chemistry Progress* 13(2):102–6. doi: 10.35799/cp.13.2.2020.31473.
- Zaki, Muhammad, Husni Husin, M.T., Pocut Nurul Alam, Darmadi Darmadi, Cut Meurah Rosnelly, and Nurhazanah Nurhazanah. 2019. "Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta Menjadi Biodiesel Pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO)." *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan* 14(1):36–43. doi: 10.23955/rkl.v14i1.13495.

LAMPIRAN 1

Analisis Densitas.(Pasaribu *et. all*, 2023)

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah menentukan massa jenis pada suhu 40°C (ASTM D1298) Persiapan Piknometer dibersihkan terlebih dahulu menggunakan aquades, kemudian dibilas dengan etanol dan dikeringkan dalam oven. Setelah kering, timbang massa piknometer kosong. Isi piknometer dengan aquadest (air deionisasi) pada suhu 40°C hingga mencapai tanda tera. Masukkan piknometer ke dalam penangas air yang telah diatur pada suhu 40°C selama 30 menit. Pastikan suhu penangas air tetap stabil pada 40°C. Setelah 30 menit, timbang massa piknometer berisi aquadest Pengisian Sampel (Biodiesel). Kosongkan piknometer, cuci dengan alkohol, dan keringkan. Isi kembali piknometer dengan biodiesel pada suhu 40°C hingga mencapai tanda tera. Masukkan piknometer ke dalam penangas air bersuhu 40°C selama 30 menit. Angkat piknometer, bersihkan permukaannya dengan kertas tisu, lalu timbang massa piknometer berisi biodiesel.

$$p = \frac{(mb - mk)}{vp}$$

$$p = \frac{(20,82223 - 12,1949)}{10} = 0,862 \text{ g/cm}^3$$

Di mana:

- mb = massa piknometer berisi biodiesel (gram),
- mk = massa piknometer kosong (gram),

Vp = Volume piknometer (gram),

Lampiran 2

Analisis Kadar air. (Pasaribu *et. all*, 2023)

Pengujian kadar air dilakukan menggunakan **moisture analyzer** dengan prinsip pengukuran kehilangan massa akibat pemanasan. Sampel ditimbang terlebih dahulu sebagai berat awal, kemudian dipanaskan pada suhu tertentu hingga kandungan air di dalam sampel menguap dan beratnya menjadi konstan. Selisih antara berat sebelum dan sesudah pemanasan digunakan sebagai dasar penentuan kadar air.

Sebelum pengujian, alat dinyalakan dan dikalibrasi sesuai prosedur, kemudian cawan sampel dipasang dan ditara. Sampel yang telah homogen ditimbang secukupnya dan diratakan di atas cawan agar proses pemanasan berlangsung merata. Selanjutnya, suhu pengeringan diatur sesuai jenis sampel dan proses analisis dijalankan hingga alat menyelesaikan pengukuran secara otomatis.

Nilai kadar air ditampilkan langsung oleh *moisture analyzer* dalam bentuk persentase. Perhitungan kadar air didasarkan pada perbandingan penurunan berat sampel terhadap berat awal. Metode ini merupakan pengembangan dari metode oven konvensional yang banyak digunakan karena waktu analisis lebih singkat dan pengoperasiannya lebih praktis, meskipun hasil pengukuran dapat dipengaruhi oleh senyawa volatil selain air yang ikut menguap selama proses pemanasan.

Lampiran 3

Analisis FFA(Pasaribu *et. all*, 2023).

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah menentukan bilangan asam sampel biodiesel dalam bentuk kalimat Sampel biodiesel sebanyak 3 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, tambahkan 5 mL alkohol 95% ke dalam Erlenmeyer yang berisi sampel biodiesel. Panaskan campuran dalam penangas air sambil diaduk hingga mendidih dan terbentuk larutan homogen. Setelah larutan homogen, dinginkan campuran hingga mencapai suhu ruang. Titrasi larutan yang telah dingin dengan larutan NAOH 0,1 N menggunakan indikator fenolftalein (PP) sampai terbentuk warna merah jambu yang stabil selama 30 detik.

$$FFA = \frac{v \times N \times 56,1}{m \times 1000} \times 100\%$$

$$FFA = \frac{0,79 \times 0,1 \times 295}{3 \times 1000} \times 100\% = 0,777\%$$

Di mana:

- VV = volume NAOH yang digunakan untuk titrasi (mL),
- NN = normalitas larutan NAOH (0,1 N),
- mm = massa sampel biodiesel (gram).

Lampiran 4

Analisis GCMS. (Pasaribu *et. all*, 2023)

Berikut adalah penjelasan langkah-langkah analisis metil ester menggunakan GC-MS. Metil ester yang dihasilkan dari reaksi transesterifikasi dipersiapkan sebagai sampel untuk dianalisis. Sampel metil ester dianalisis menggunakan alat Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). GC-MS memisahkan komponen-komponen dalam sampel berdasarkan perbedaan sifat fisika-kimia dan mengidentifikasi struktur molekulnya. Analisis ini menghasilkan kromatogram yang menampilkan puncak-puncak. Setiap puncak pada kromatogram mewakili jenis metil ester spesifik yang terkandung dalam sampel. Setiap puncak dianalisis lebih lanjut menggunakan spektrum massa untuk menentukan jenis metil ester yang spesifik, seperti metil oleat, metil stearat, metil palmitat, atau metil linoleat, tergantung pada profil asam lemak yang ada. Data dari GC-MS digunakan untuk mengidentifikasi komposisi metil ester dalam sampel dan memastikan kualitas serta kemurnian produk hasil transesterifikasi. Dengan analisis GC-MS, komposisi metil ester dapat diketahui secara detail, sehingga memudahkan evaluasi kualitas biodiesel yang dihasilkan.

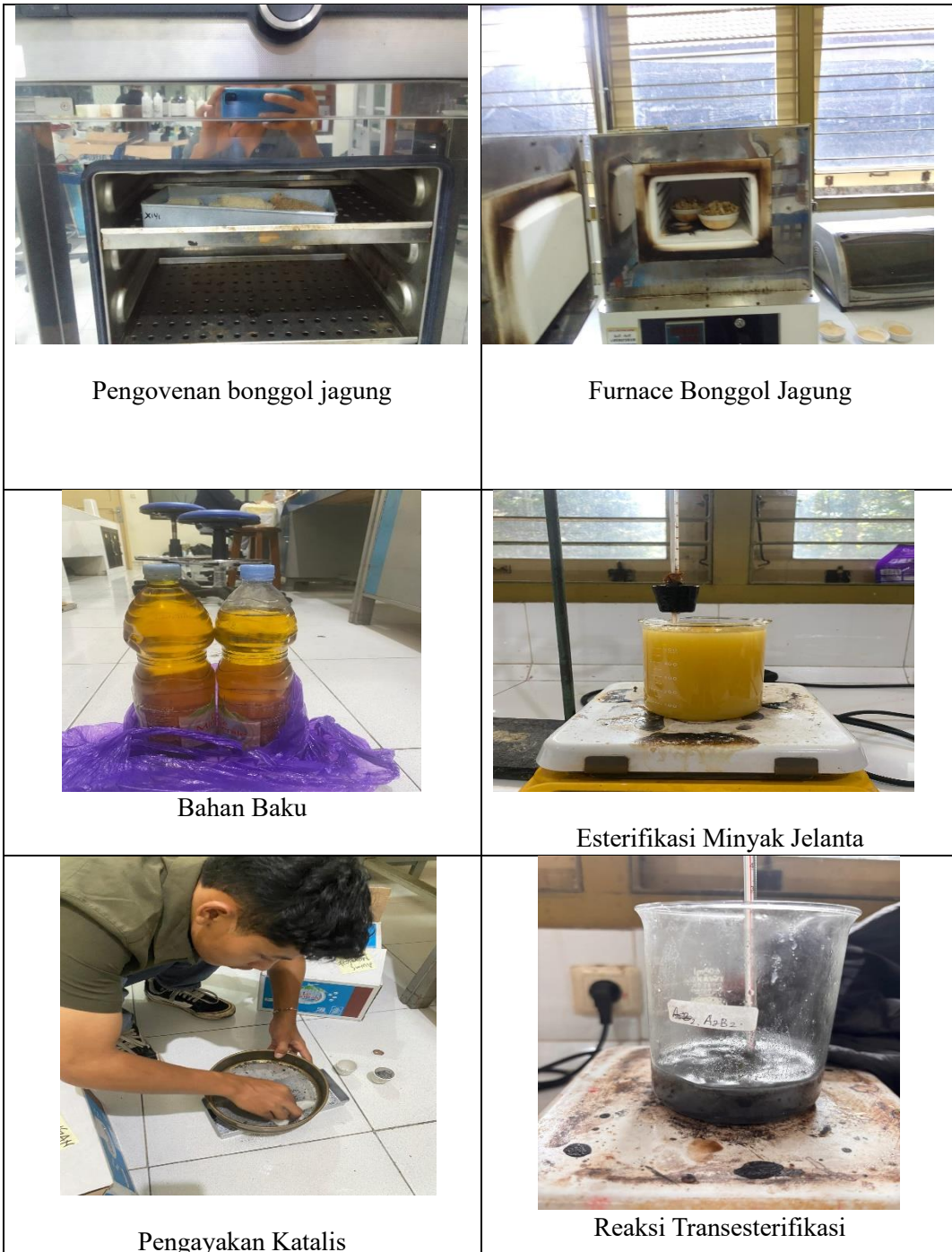
Lampiran 5

Analisis Viskositas.

Pengujian viskositas dilakukan menggunakan *viscometer* untuk menentukan tingkat kekentalan sampel. Pengukuran dilakukan berdasarkan waktu atau respon aliran sampel ketika diberikan gaya tertentu sesuai prinsip kerja alat. Nilai viskositas menunjukkan hambatan fluida terhadap aliran dan dinyatakan dalam satuan viskositas dinamis.

Sebelum pengujian, viscometer dipersiapkan dan dikalibrasi sesuai petunjuk penggunaan. Sampel dimasukkan ke dalam wadah pengujian hingga mencapai volume yang ditentukan, kemudian suhu pengujian diatur dan dijaga konstan agar tidak mempengaruhi hasil pengukuran. Setelah alat dijalankan, viskositas sampel dibaca secara langsung dari skala atau tampilan alat.

Lampiran 6





Pencucian Biodiesel



Uji ALB Minyak jelantah



Moistur analyzer untuk uji kadar air



Menimbang sampel untuk uji densitas



Menghitung Yield menggunakan gelas ukur



Uji ALB Biodiesel



Uji Visikosis menggunakan viscometer



Vakum Produk