

DAFTAR PUSTAKA

- Atabani, A. E., Silitonga, A. S., Ong, H. C., Mahlia, T. M. I., Masjuki, H. H., Badruddin, I. A., & Fayaz, H. (2012). *A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(4), 2070–2093. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.003>
- Badan Standardisasi Nasional. (2025). SNI 7182:2025 *Biodiesel*. Badan Standardisasi Nasional.
- Boro, J., Thakur, A. J., & Deka, D. (2012). *A review on solid oxide derived from waste shells as catalyst for biodiesel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), 904–910. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.09.013>
- Choe, E., & Min, D. B. (2007). *Chemistry of deep-fat frying oils. Journal of Food Science*, 72(5), R77–R86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Demirbas, A. (2009). *Biodiesel: A realistic fuel alternative for diesel engines. Springer*.
- Endalew, A. K., Kiros, Y., & Zanzi, R. (2011). *Inorganic heterogeneous catalysts for biodiesel production from non-edible oils. Biomass and Bioenergy*, 35(9), 3787–3809. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.06.011>
- Hattori, H. (2001). *Solid base catalysts: Generation of basic sites and application to organic synthesis. Applied Catalysis A: General*, 222(1-2), 247–259. [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(01\)00839-0](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(01)00839-0)

- Ho, W. W. S., Ng, H. K., Gan, S., & Tan, S. H. (2014). *Evaluation of palm oil mill fly ash as a heterogeneous catalyst for biodiesel production from crude palm oil*. *Energy Conversion and Management*, 88, 1167–1178. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.03.069>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). *Climate change 2023: Synthesis report. IPCC*.
- International Energy Agency. (2023). *World energy outlook 2023*. IEA.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2022). *Handbook of energy & economic statistics of Indonesia 2022*. Kementerian ESDM Republik Indonesia.
- Knothe, G., Van Gerpen, J., & Krahel, J. (2015). *The biodiesel handbook* (2nd ed.). AOCS Press.
- Knothe, G., & Van Gerpen, J. (2015). *Biodiesel production*. Dalam G. Knothe, J. Van Gerpen, & J. Krahel (Eds.), *The biodiesel handbook* (2nd ed., hlm. xx–xx). AOCS Press.
- Lam, M. K., Lee, K. T., & Mohamed, A. R. (2010). *Homogeneous, heterogeneous and enzymatic catalysis for transesterification of high free fatty acid oil (waste cooking oil) to biodiesel: A review*. *Biotechnology Advances*, 28(4), 500–518. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2010.03.002>
- Lee, A. F., & Wilson, K. (2015). *Recent advances in heterogeneous catalysis for biorefining*. *Green Chemistry*, 17(2), 703–728. <https://doi.org/10.1039/C4GC01123A>
- Leung, D. Y. C., Wu, X., & Leung, M. K. H. (2010). *A review on biodiesel production using catalyzed transesterification*. *Applied Energy*, 87(4), 1083–1095. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.10.006>
- Liu, K., Wang, R., & Yu, M. (2015). *Reusability of waste cooking oil derived biochar as a catalyst for biodiesel production*. *Fuel*, 157, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.04.051>

- Ma, F., & Hanna, M. A. (1999). *Biodiesel production: A review. Bioresource Technology*, 70(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00025-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00025-5)
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments (9th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Putra, A., et al. (2024). *Characterization of corncob-derived catalyst for bio-energy conversion. International Journal of Green Technology*, 10(1), 45–58.
- Refiatni, L., et al. (2022). Pemanfaatan limbah biomassa sebagai katalis heterogen dalam sintesis biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 6(2), 112–125.
- Santoso, B., & Kurniawan, H. (2023). Pengaruh reaksi saponifikasi pada kualitas methyl ester. *Reaktor: Jurnal Sains dan Teknologi*, 23(1), 14–22.
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1997). *Principles and procedures of statistics: A biometrical approach*. McGraw-Hill.
- Tan, Y. H., Abdullah, M. O., Nolasco-Hipolito, C., & Taufiq-Yap, Y. H. (2019). *Waste ostrich- and chicken-eggshells as heterogeneous base catalyst for biodiesel production from used cooking oil: Catalyst characterization and biodiesel yield performance. Applied Energy*, 160, 58–70. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.09.023>
- Xie, W., & Huang, X. (2006). *Synthesis of biodiesel from soybean oil using heterogeneous KF/ZnO catalyst. Catalysis Letters*, 107, 53–59. <https://doi.org/10.1007/s10562-005-9747-7>

LAMPIRAN

A. Prosedur Analisis

1. Analisis Rendemen (*Yield*)

1. Penimbangan awal: timbang berat bahan baku sebelum dikeringkan. Beri simbol sebagai Berat Awal (W₀).
2. Proses pengeringan: Bahan diproses menggunakan alat (oven).
3. Penimbangan akhir: sampel yang dihasilkan dari proses tersebut dikumpulkan dan ditimbang secara akurat menggunakan timbangan analitik. Beri simbol sebagai berat sampel akhir (W₁).

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100\%$$

Contoh perhitungan menggunakan sampel A1B1

$$\begin{aligned} \text{Rendemen} &= \frac{45,20}{100} \times 100\% \\ &= 45,20\% \end{aligned}$$

Keterangan:

W₀ = Berat sampel awal (g)

W₁ = Berat kering sampel setelah dikeringkan (g)

2. Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan menggunakan metode oven dengan prinsip mengukur kehilangan massa sampel setelah proses pemanasan. Kadar air dinyatakan dalam persen bobot (% berat), yaitu berdasarkan selisih massa sampel sebelum dan sesudah pengeringan. Nilai kadar air diperoleh dari besarnya penurunan berat sampel akibat penguapan air selama proses pemanasan. Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

1. Cawan porselen beserta penutupnya dibersihkan, kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 105–110°C selama 1 jam. Setelah itu, cawan didinginkan di dalam desikator selama 30 menit dan ditimbang untuk memperoleh berat awal (A).
2. Sampel sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselen yang telah diketahui beratnya, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat cawan beserta sampel sebelum pengeringan (B).
3. Cawan yang berisi sampel selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 105–110°C selama 24 jam. Setelah proses pengeringan, cawan didinginkan di dalam desikator selama 30 menit, kemudian ditimbang untuk memperoleh berat akhir (C). Proses pengeringan diulangi hingga diperoleh berat konstan, yaitu apabila selisih antara dua hasil penimbangan berturut-turut kurang dari 0,2 gram.

Adapun presentase kadar air yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Kadar Air} = \frac{(B - C)}{(B - A)} \times 100\%$$

Contoh perhitungan menggunakan sampel A1B1

$$\begin{aligned} \text{Kadar Air} &= \frac{(21,3038 - 21,2930)}{(21,3038 - 19,2806)} \times 100\% \\ &= 0,525\% \end{aligned}$$

Keterangan:

A = Berat kering cawan (g)

B = Berat kering cawan dan sampel awal (g)

C = Berat kering cawan dan sampel setelah dikeringkan (g)

3. Analisis Angka Asam

Prosedur analisis

1. Sampel biodiesel ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer.
2. Ditambahkan 5 mL alkohol 95% ke dalam Erlenmeyer yang berisi sampel.
3. Campuran dipanaskan dalam penangas air sambil diaduk hingga homogen.
4. Setelah homogen, larutan ditambahkan indikator fenolftalein (PP).
5. Sampel dititrasi menggunakan larutan NaOH 0,1 N sampai terjadi perubahan warna yang menunjukkan titik akhir titrasi.
6. Volume NaOH yang digunakan dicatat untuk menentukan angka asam.

Rumus Angka Asam

$$\text{Angka Asam} = \frac{V \times N \times 56,1}{W}$$

Contoh perhitungan menggunakan sampel A1B1

$$\begin{aligned} \text{Angka Asam} &= \frac{3,1 \times 0,1 \times 56,1}{5} \\ &= 3,4782 \text{ mg KOH/g} \end{aligned}$$

Keterangan:

V = volume NaOH yang digunakan (mL)

N = normalitas NaOH (N)

56,1 = berat ekuivalen KOH

W = berat sampel (g)

4. Analisis Asam Lemak Bebas (ALB)

Prosedur analisis Analisis

FFA dilakukan melalui titrasi sampel biodiesel menggunakan larutan NaOH 0,1 N. Nilai ALB dihitung berdasarkan jumlah larutan NaOH yang digunakan sampai mencapai titik akhir titrasi.

Untuk menyatakan ALB sebagai asam oleat, rumus yang digunakan adalah:

$$\text{ALB} = \frac{V \times N \times 28,2}{W}$$

Contoh perhitungan menggunakan sampel A1B1

$$\begin{aligned} \text{ALB} &= \frac{3,1 \times 0,1 \times 28,2}{5} \\ &= 1,7484\% \end{aligned}$$

Keterangan:

V = volume NaOH (mL)

N = normalitas NaOH (N)

28,2 = faktor ekuivalen untuk ALB sebagai asam oleat

W = berat sampel (g)

5. Analisis Viskositas

Prosedur analisis

1. Sampel biodiesel disiapkan dan dimasukkan ke dalam viskometer.
2. Sampel dipastikan berada pada kondisi pengujian dan suhu yang telah ditentukan.
3. Waktu alir sampel melalui kapiler viskometer diukur menggunakan stopwatch.
4. Pengukuran dilakukan sampai diperoleh waktu alir sampel yang stabil.
5. Nilai viskositas kinematik dihitung berdasarkan konstanta viskometer dan waktu alir sampel.

B. Dokumentasi Kegiatan

Gambar 3. Hasil pengovenan bonggol jagung



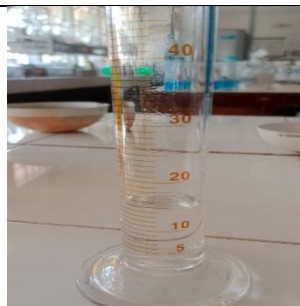
Gambar 4. Proses bonggol jangung di muffel



Gambar 5. Hasil dari abu bonggol jangung yang di muffel



Gambar 6. Persiapan bahan minyak goreng 100 mL



Gambar 7. Persiapan bahan metanol 14,6 mL



Gambar 8. Proses pemisahan minyak dan gliserol



Gambar 9.
Penimbangan bahan
katalis sebanyak 0,25 gr



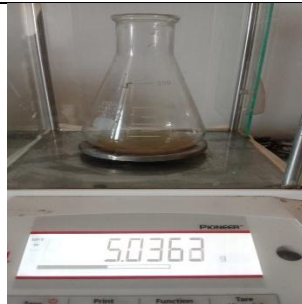
Gambar 10.
Penimbangan bahan
katalis sebanyak 0,50 gr



Gambar 11.
Penimbangan bahan
katalis sebanyak 0,75
gr



Gambar 12. Proses uji
angka asam dan FFA



Gambar 13.
Penimbangan sampel
biodisel untuk analisis
rendemen



Gambar 14.
Pengamatan analisis
viskositas