

Potensi Pemanfaatan Ampas Kelapa Sebagai Biodiesel di Indonesia

Natasya Sabrina Putri¹, Almira Davina Nastiti¹, Natasya Hikmat Putri¹, Lathifah Pratiwi¹, Rivario Azriel Kirana¹, Harits Bimo Susanto¹, Dinda Sekarsari¹, Gusti Bimo Chaniago¹, Adam Ali Marwan¹, Abid Naufal Khairan¹, Veronica Jane Soekirma¹, Ariyanti Sarwono¹, I Wayan Koko Suryawan¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jl. Teuku Nyak Arief, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12220, Indonesia

*surel: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

ABSTRACT

The potential for the use of coconut pulp as biodiesel fuel in Indonesia is very large because Indonesia is one of the largest coconut-producing countries in the world. One of the conversion methods used to convert coconut pulp into biodiesel is the transesterification method using various catalysts. Based on several literature studies conducted, the yield produced using a CaO catalyst is 96.43%, and using a KOH catalyst can reach up to 98.23% with the help of a microwave. The results of a survey that has been conducted on 30 grated coconut traders in various markets, the average coconut pulp produced every day is 20 kg/seller/day. The potential of biodiesel produced from the average amount of coconut dregs can reach up to 3.04 L using a KOH catalyst.

Keywords:

Coconut Pulp;
Waste;
Conversion;
Biodiesel

Diterima: September 2021
Direview: January 2022
Dipublikasi: February 2022

INTISARI

Potensi pemanfaatan ampas kelapa sebagai bahan bakar biodiesel di Indonesia sangat besar dikarenakan Indonesia menjadi salah satu negara penghasil kelapa terbesar di dunia. Salah satu metode konversi yang digunakan untuk mengubah ampas kelapa menjadi biodiesel adalah metode transesterifikasi dengan menggunakan berbagai katalis. Berdasarkan beberapa studi literatur yang dilakukan, yield yang dihasilkan dengan menggunakan katalis CaO adalah sebesar 96,43% dan menggunakan katalis KOH dapat mencapai hingga 98,23% dengan bantuan microwave. Hasil survei yang telah dilakukan kepada 30 pedagang kelapa parut di berbagai pasar, rata-rata ampas kelapa yang dihasilkan setiap harinya adalah sebesar 20 kg/penjual/hari. Potensi biodiesel yang dihasilkan dari rata-rata jumlah ampas kelapa tersebut dapat mencapai hingga 3,04 L dengan menggunakan katalis KOH.

Kata Kunci:

Ampas Kelapa;
Limbah;
Konversi;
Biodiesel

Diterima: September 2021
Direview: Januari 2022
Dipublikasi: Februari 2022



PENDAHULUAN

Biomassa merupakan berkontribusi sekitar 12,83% dari total cadangan energi terbarukan untuk lingkungan, dan diharapkan pemanfaatannya akan dapat berlangsung selama beberapa dekade mendatang [1]. Biomassa dalam jumlah besar dihasilkan dari budidaya, pemanenan, pengolahan, dan konsumsi produk pertanian [2]. Residu dari kegiatan ini merupakan limbah yang dibuang ke Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dianggap sebagai sarana pengolahan yang layak. Pembuangan sampah di pada landfill akan meningkatkan emisi gas rumah kaca dan timbulan lindi yang dapat mencemari lingkungan sekitar [3]. Limbah kelapa adalah salah satu biomassa paling melimpah yang ditemukan di pada lebih dari 90 negara secara global dan dengan produksi global 62,5 juta ton per tahun [4]. Kelapa (*Cocos nucifera*) dibudidayakan secara luas di negara-negara tropis seperti Indonesia, Thailand, India, Nigeria, dan sejumlah negara Afrika lainnya, sehingga menghasilkan limbah residu kelapa yang besar [5]. Pembudidayaan dan perluasan kelapa yang besar berkontribusi pada peningkatan biomassa limbah kelapa seperti sabut, tempurung, pelepah, serat, dan ampas kelapa [6], [7].

Indonesia merupakan negara yang memiliki area perkebunan kelapa terluas di dunia [8]. Sebagian besar daging kelapa dimanfaatkan oleh industri santan kelapa, baik dalam bentuk cair maupun bubuk [9]. Dari produksi santan tersebut, akan menghasilkan produk sampingan, yaitu ampas kelapa.

Limbah ampas kelapa sebagian kecil diolah kembali menjadi produk lainnya yang bermanfaat seperti untuk bahan baku pembuatan pakan ternak, namun proses pengolahan tersebut masih menyisakan limbah ampas kelapa dalam jumlah yang besar [10]. Dalam jangka panjang, tentunya limbah ampas kelapa tersebut dapat mencemari sumber air tanah dan bau busuk yang ditimbulkan juga dapat menimbulkan pencemaran udara. Untuk mengatasi hal tersebut, ampas kelapa dapat dijadikan bahan baku pembuatan biodiesel karena masih memiliki kandungan minyak yang tinggi, yaitu mencapai 24% [9]. Biodiesel adalah salah satu sumber energi alternatif yang bisa digunakan untuk menggantikan bahan bakar solar.

Solar merupakan sumber energi yang berasal dari bahan bakar fosil yang sifatnya tidak terbarukan dan bahan bakar minyak yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia sedangkan biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang dapat dihasilkan dari bahan alami yang terbarukan seperti minyak nabati dan hewani. Limbah ampas kelapa jika hanya dibuang secara terus menerus tanpa adanya pengolahan akan mencemari lingkungan dan menimbulkan bau busuk. Maka dari itu, perlu adanya pemanfaatan ampas kelapa menjadi produk yang memiliki nilai guna lebih tinggi. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan adalah dengan mengubah ampas kelapa menjadi salah satu sumber energi alternatif yaitu biodiesel, langkah ini

merupakan salah satu langkah positif untuk penganeekaragaman produk dari hasil pengolahan kelapa [11]. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui rata-rata ampas kelapa yang dihasilkan dari penjual kelapa parut di berbagai pasar, besar perolehan yield yang dihasilkan berdasarkan variasi katalis yang digunakan, serta hasil perkiraan konversi biodiesel yang dihasilkan dari ampas kelapa.

METODOLOGI

Metode yang digunakan pada pembahasan penelitian adalah dengan melakukan wawancara kepada para penjual kelapa di beberapa daerah di Indonesia untuk mengetahui sisa ampas kelapa ($n=30$) yang dihasilkan. Penelitian ini juga dilakukan dengan studi literatur mengenai potensi ampas kelapa sebagai salah satu sumber energi alternatif yaitu biodiesel. Penelitian ini mengacu pada data hasil wawancara yang telah dilakukan akan digunakan untuk melihat seberapa besar potensi biodiesel yang pernah dilakukan sebelumnya [12]. Kajian penelitian ini diutamakan dari penggunaan ampas kelapa sebagai sumber energi alternatif di Indonesia. Proses konversi yang dilakukan untuk menjadi biodiesel secara konvensional dilakukan dengan proses transesterifikasi minyak tumbuhan dengan alkohol rantai pendek yang disertai dengan katalis homogen yang dapat bersifat asam atau basa untuk mendukung mempercepat proses konversi [13].

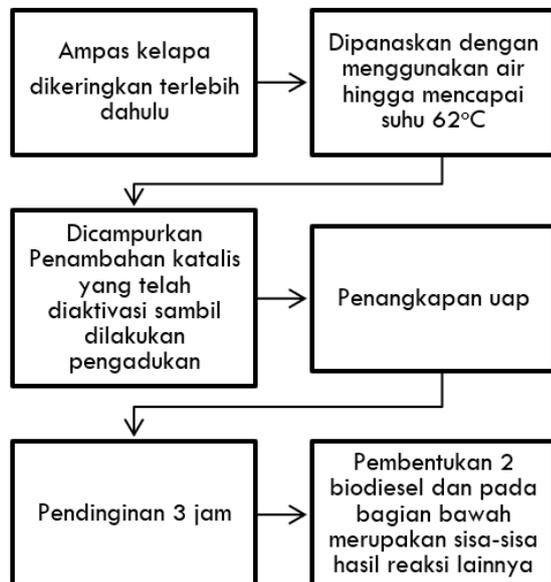
HASIL DAN PEMBAHASAN

Produksi kelapa di Indonesia merupakan salah satu yang terbesar di dunia dengan produksi sebesar 18,30 juta ton per tahun [14]. Ampas kelapa masih mengandung minyak kelapa sekitar 15-24% dari berat ampas kelapa [15], sehingga Potensi potensi ampas kelapa untuk dijadikan biodiesel sangat besar.

Ampas kelapa yang telah diperoleh dikeringkan terlebih dahulu atau dijemur di bawah sinar matahari yang terik. Katalis yang akan digunakan yaitu kalsium oksida (CaO) dengan menggunakan dalam pelarut metanol selama 15 menit [9].

Ampas kelapa yang telah dikeringkan tersebut kemudian dipanaskan dengan menggunakan air hingga mencapai suhu 62°C dan dicampurkan dengan katalis yang telah diaktivasi sambil dilakukan pengadukan dengan kecepatan sebesar 700 rpm (Gambar 1). Uap yang dihasilkan dari proses pemanasan ini akan ditangkap dan didinginkan dengan menggunakan pendingin balik, reaksi yang terjadi dibiarkan berlangsung selama 3 jam [9]. Reaksi kemudian dihentikan dengan dimatikannya pemanasan dan suhu akan perlahan menurun. Setelah itu, akan terjadi pemisahan dan pembentukan 2 fasa yaitu cairan pada bagian atas merupakan biodiesel dan pada bagian bawah merupakan sisa-sisa hasil reaksi lainnya. Biodiesel kemudian dipisahkan dari endapan dengan menggunakan saringan. Filtrat hasil saringan mengandung campuran biodiesel, metanol, dan gliserol dan

dimasukkan ke dalam labu didih. Metanol yang dihasilkan akan dipisahkan dengan proses distilasi pada suhu 65°C sampai tidak ada metanol yang menetes.



Gambar 1. Proses Singkat Pembentukan Biodiesel dari Ampas Kelapa

Gliserol yang dihasilkan juga dilakukan pemisahan dengan menggunakan corong pemisah. Sebagian gliserol yang masih tercampur dalam biodiesel dicuci dengan menggunakan aquades dan didiamkan selama satu hari. Larutan gliserol yang terbentuk pada lapisan bawah kemudian dipindahkan ke dalam gelas beker. Pada akhirnya biodiesel murni pun dapat dihasilkan [16]. Pada dasarnya, proses konversi yang dilakukan untuk mengubah ampas kelapa menjadi biodiesel secara umum tidak jauh berbeda dengan berbagai referensi lainnya. Namun, perbedaannya terletak pada jenis katalis yang digunakan (Tabel 1). Katalis berperan untuk menurunkan energi aktivasi dalam suatu proses atau berperan untuk mempercepat laju reaksi yang terjadi. Pada proses konversi

ampas kelapa menjadi biodiesel ini, katalis juga berpengaruh pada yield biodiesel yang akan dihasilkan.

Tabel 1. Variasi Katalis terhadap Presentase Yield Biodiesel

Jenis Katalis	Yield	Sumber
Kalsium oksida (CaO)	96,43%	[9]
Kalium hidroksida (KOH)	76%	[11]
KOH	84,60%	[17]
KOH	98,23%	[10]

Berdasarkan hasil survei dari 30 responden, diperoleh beberapa data terkait jumlah ampas kelapa yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan menjadi biodiesel. Data tersebut merupakan data rata-rata dalam satu hari yang terdiri dari jumlah kelapa yang diparut, ampas kelapa hasil pamarutan, ampas kelapa yang sudah tidak digunakan kembali atau dibuang dan penggunaan energi untuk menggerakkan mesin pamarut kelapa. Responden yang dituju ialah penjual kelapa parut yang berjualan di pasar tradisional. Rata-rata jumlah kelapa yang diparut dalam satu hari adalah 124 butir atau sekitar 49,6 kg (satu butir kelapa diperkirakan memiliki berat sebesar 0,4 kg) dan menghasilkan 48 kg kelapa parut dalam satu hari. Ampas kelapa yang sudah tidak digunakan sebagian besar dibuang dan beberapa ada yang dijual kembali kepada pengepul, peternak ikan,

peternak unggas dan peternak maggot. Ampas kelapa yang dibuang rata-rata dalam sehari diperoleh sebesar 20 kg. Berdasarkan hasil survei energi yang digunakan oleh penjual kelapa untuk menggerakkan mesin parut terdiri dari penggunaan bahan bakar bensin, listrik, dan kayu bakar. Penggunaan bensin rata-rata dalam sehari menghabiskan 4,5 liter, sedangkan untuk listrik sekitar 224,376 kWh. Jumlah ampas kelapa yang sudah tidak dimanfaatkan kembali atau dibuang memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan kembali dan dikonversi menjadi biodiesel. Hal tersebut dapat dilihat pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Setyoningrum, dkk pada tahun 2019 memperoleh 8,8462 g minyak kelapa yang berasal dari 40 g ampas kelapa. Apabila data rata-rata jumlah ampas kelapa yang diperoleh dari hasil survei dikonversi mengikuti rasio pada penelitian tersebut maka minyak yang akan dihasilkan sebesar 4432,1 g minyak ampas kelapa. Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Fitriana [18], telah diekstraksi 10 kg ampas kering yang menghasilkan 1 L minyak ampas kelapa sehingga apabila data survei ekstraksi mengacu pada penelitian tersebut maka akan dihasilkan 2 L minyak ampas kelapa per hari.

Pada metode transesterifikasi, *yield biodiesel* dipengaruhi oleh perbandingan volume metanol sebagai bahan pelarut dengan massa bahan baku yaitu ampas kelapa. Pada hasil penelitian Setyoningrum [9], disebutkan bahwa semakin meningkat rasio volume metanol dengan massa ampas kelapa, maka semakin tinggi persentase *yield biodiesel*

yang dihasilkan. Pada penelitian tersebut, katalis yang digunakan ialah CaO. Rasio yang digunakan ialah 15:1 (g/ml) yaitu 40 g ampas kelapa memerlukan 600 ml metanol dan menghasilkan nilai *yield* sebesar 91,34% dengan 4% CaO. Ketika rasio perbandingan tersebut ditingkatkan yang awalnya 15:1 sampai 20:1, *yield biodiesel* yang dihasilkan menjadi menurun akibat pengurangan konsentrasi katalis CaO dalam konversi. Hal tersebut diakibatkan karena berkurangnya tumbukan antara katalis dengan minyak [9]. Apabila mengikuti rasio tersebut, maka 20 kg ampas kelapa membutuhkan 300 mL metanol untuk mendapatkan *yield biodiesel* yang optimal. Rasio tersebut juga telah digunakan oleh peneliti lain seperti Maulina, dkk (2017) yang menyebutkan bahwa pada rasio yang melebihi 15:1, *yield* yang dihasilkan tidak bertambah. Hal tersebut juga diakibatkan oleh terganggunya proses pemisahan produk biodiesel dan gliserol karena metanol yang berlebih sehingga meningkatkan kelarutan gliserol pada reaktan [10]. Selain perbandingan volume metanol dengan massa bahan baku, faktor yang mempengaruhi nilai *yield biodiesel* adalah katalis. Pada penelitian yang dilakukan oleh Setyoningrum [9], katalis yang memberikan hasil *yield* terbesar dengan rasio metanol dan massa ampas kelapa 15:1 ialah CaO. Nilai *yield* meningkat ketika ditambahkan 3,5% CaO sehingga menghasilkan *yield* sebesar 96,43%. Sama halnya dengan methanol, ketika persentase CaO ditingkatkan melebihi 3,5% nilai *yield* yang diperoleh menurun. Hal tersebut

diakibatkan oleh kemampuan sisi aktif katalis dalam menyerap biodiesel meningkat dan kemungkinan frekuensi tumbukan antara katalis dan biodiesel pun meningkat. Pada penelitian ini juga dilakukan percobaan dengan menggunakan katalis KOH dilakukan dengan persentase 5%, namun nilai yield yang diperoleh relative lebih rendah yaitu 64%. Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Maurina [10], penggunaan KOH sebesar 4% dengan rasio metanol dan bahan baku 20:1 menghasilkan yield sebesar 98,23% namun, pada percobaan ini pengaruh dari microwave 800-Watt menjadi salah satu faktor penting dalam menghasilkan peningkatan yield. Potensi penggunaan biodiesel sebagai bahan bakar biodiesel yang dihasilkan oleh ampas kelapa mempunyai ciri-ciri fisik berwarna kuning jernih, memiliki bau ester dan agak sedikit memiliki aroma minyak kelapa.

Semakin besar konsentrasi katalis yang diberikan maka akan mempengaruhi warna, yield, densitas, viskositas, dan bilangan asam. Penggunaan biodiesel harus memenuhi baku mutu dalam Standar Nasional Indonesia (SNI). Baku mutu densitas dan viskositas biodiesel berdasarkan SNI adalah sebesar 0.850-0.890 g/mL dan 2.3-6.0 (cSt) (SNI 7182:2015). Pada penelitian Maurina dkk [10], hasil nilai viskositas dan densitas yang diperoleh adalah sebesar 2,7 mm²/s dan 0,85 g/mL yang mengartikan nilai tersebut sudah memenuhi nilai SNI yang telah ditetapkan. Pada tahap pembuatan biodiesel dari ampas kelapa dengan menggunakan katalis KOH diperoleh

volume biodiesel sebesar 152 mL dengan penggunaan ampas kelapa sebesar 1 kg [17]. Dari hasil survei yang dilakukan, rata-rata penjual kelapa menggunakan bahan bakar bensin sebesar 4,5 L dengan ampas kelapa rata-rata per-harinya 20 kg, maka volume biodiesel yang dapat dihasilkan adalah sebesar 3,04 L. Jika ampas kelapa dalam hari-hari tertentu menghasilkan lebih dari 20 kg, maka penggunaan bahan bakar dapat sepenuhnya digantikan dengan penggunaan biodiesel.

Ampas kelapa yang biasa dibuang dan tidak digunakan, dapat digunakan kembali menjadi sumber bahan bakar untuk menggerakkan mesin untuk memarut kelapa. Selain dapat mengurangi limbah yang akan dihasilkan, hal ini bermanfaat dari segi ekonomi dikarenakan para penjual tidak perlu membeli bensin solar secara terus menerus dan secara simultan dapat mengurangi emisi yang dikeluarkan. Pengurangan emisi ini karena penggunaan bahan bakar yang digunakan bukan lagi bahan bakar konvensional melainkan bahan bakar yang memanfaatkan limbah ampas kelapa. Pembuangan ampas kelapa yang akan sebagai sampah juga dapat mengemisikan karbon sehingga dengan adanya pemanfaatan kembali ampas kelapa menjadi sumber bahan bakar akan mengurangi kadar emisi karbon yang dihasilkan. Pemanfaatan biodiesel juga dapat dimanfaatkan untuk bahan bakar pembangkit listrik. Namun, belum terdapat realisasi nyata dalam penggunaan biodiesel sebagai pembangkit energi listrik. Berdasarkan nilai

neraca perdagangan Indonesia, penggunaan B30 atau campuran antara solar dengan biodiesel akan sangat menguntungkan. Namun, PT. PLN (Persero) belum siap untuk menggunakan biodiesel sebagai salah satu sumber bahan bakar pembangkit listrik karena akan terdapat biaya tambahan dalam penggunaan teknologi, biaya operasional, dan pemeliharaan [19]. Pada kenyataannya, potensi penggunaan biodiesel di Indonesia sangat besar dan sekaligus lebih ramah lingkungan. Pemurnian biodiesel untuk perbaikan pada jumlah hasil lipid dan konten FAME harus diteliti lebih lanjut [20]. Berdasarkan beberapa analisis yang telah dilakukan, pemanfaatan ampas kelapa menjadi biodiesel merupakan salah satu potensi besar di Indonesia, dari hal terkecil yaitu untuk memenuhi bahan bakar para pedagang kelapa tersebut sehingga limbah ampas kelapa yang mereka hasilkan dapat memiliki nilai guna dan nilai ekonomi yang lebih tinggi dibandingkan dengan dibuang begitu saja.

KESIMPULAN

Hasil wawancara kepada 30 pedagang kelapa parut di berbagai pasar, rata-rata sampah ampas yang dihasilkan dapat mencapai 20 kg/penjual/hari. Dimana potensi biodiesel yang dihasilkan dari rata-rata jumlah ampas kelapa tersebut dapat mencapai hingga 3,04 L dengan menggunakan katalis KOH. Dengan adanya penelitian yang lebih lanjut mengenai aplikasi penerapan

biodiesel sangat diperlukan untuk mencapai zero waste.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Z. Adewole, B. S. Adeboye, B. O. Malomo, S. O. Obayopo, S. A. Mamuru, and A. A. Asere, "CO-pyrolysis of bituminous coal and coconut shell blends via thermogravimetric analysis," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, pp. 1–14, Aug. 2020, doi: 10.1080/15567036.2020.1798567.
- [2] A. G. Adeniyi, K. S. Otoikhian, J. O. Ighalo, and I. A. Mohammed, "Pyrolysis of Different Fruit Peel Waste Via a Thermodynamic Model," *ABUAD J. Eng. Res. Dev.*, vol. 2, no. 2, pp. 16–24, 2019, [Online]. Available: www.ajerd.abuad.edu.ng/16.
- [3] I. Y. Septiariva and I. W. K. Suryawan, "Development of water quality index (WQI) and hydrogen sulfide (H₂S) for assessment around suwung landfill, Bali Island," *J. Sustain. Sci. Manag.*, vol. 16, no. 4, pp. 137–148, 2021.
- [4] J. K. Sarkar and Q. Wang, "Different Pyrolysis Process Conditions of South Asian Waste Coconut Shell and Characterization of Gas, Bio-Char, and Bio-Oil," *Energies*, vol. 13, no. 8. 2020, doi: 10.3390/en13081970.
- [5] A. G. Adeniyi, D. V. Onifade, J. O. Ighalo, and A. S. Adeoye, "A review of coir fiber reinforced polymer composites," *Compos. Part B Eng.*, vol. 176, p. 107305, 2019, doi:

- <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107305>.
- [6] N. Alias *et al.*, "Thermogravimetric analysis of rice husk and coconut pulp for potential biofuel production by flash pyrolysis," *Malaysian J. Anal. Sci.*, vol. 18, no. 3, pp. 705–710, 2014.
- [7] N. S. Mohamad Aziz, A. Shariff, N. Abdullah, and N. Mohamed Noor, "Characteristics of coconut frond as a potential feedstock for biochar via slow pyrolysis," *Malaysian J. Fundam. Appl. Sci.*, vol. 14, no. 4, pp. 408–413, 2018, doi: 10.11113/mjfas.v14n4.1014.
- [8] I. M. Aditiya, "Ternyata, Indonesia adalah Negara Penghasil Kelapa Terbesar di Dunia," 2020. www.goodnewsfromindonesia.id: <https://www.goodnewsfromindonesia.id/2020/10/10/ternyata-indonesia-adalah-negara-penghasil-kelapa-terbesar-di-dunia>.
- [9] A. R. Maulana and T. M. Setyoningrum, "Pembuatan Biodiesel dari Ampas Kelapa dengan Metode Transesterifikasi In-Situ dan Katalis Kalsium Oksida," *Eksergi*, vol. 16, no. 1, p. 13, 2019, doi: 10.31315/e.v16i1.2526.
- [10] L. Maurina, M. Marwan, and M. D. Supardan, "Produksi Biodiesel dari Ampas Kelapa (Coconut Waste) Secara Transesterifikasi In Situ Menggunakan Bantuan Gelombang Mikro," *J. Rekayasa Kim. Lingkung.*, vol. 12, no. 2, p. 62, 2017, doi: 10.23955/rkl.v12i2.8480.
- [11] K. Nasruddin and D. Syahputra, "Pengolahan Ampas Kelapa Dalam Menjadi Biodiesel Pada Beberapa Variasi Konsentrasi Katalis Kalium Hidroksida (KOH)," *J. Samudera*, vol. 9, no. 2, pp. 78–92, 2015.
- [12] A. Rahman, I. W. K. Suryawan, A. Sarwono, N. L. Zahra, and Z. M. Faruqi, "Estimation of biodiesel production from used cooking oil of university cafeteria to support sustainable electricity in Universitas Pertamina," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 591, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/591/1/012013.
- [13] D. Syahputra, *Pembuatan dan Analisis Mutu Biodiesel Ampas Kelapa Dalam Menggunakan Katalisator Kalium Hidroksida (KOH)*. Aceh Utara: Universitas Malikussaleh, 2015.
- [14] G. M. Mardiatmoko and Ariyanti, *Production of Coconut Plants (Cocos nucifera L.)*. Kota Ambon: Badan Penerbit Fakultas Pertanian Universitas, 2018.
- [15] S. Sulaiman, A. R. Abdul Aziz, and M. K. Aroua, "Optimization and modeling of extraction of solid coconut waste oil," *J. Food Eng.*, vol. 114, no. 2, pp. 228–234, 2013, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2012.08.025.
- [16] E. Suarna, "ANALISIS PEMANFAATAN BIODIESEL TERHADAP SISTEM PENYEDIAAN ENERGI," *Strateg. Penyediaan List. Nas. Dalam Rangka Mengantisipasi Pemanfaat. PLTU*

Batubara Skala Kecil, PLTN, Dan Energi Terbarukan, no. 16, pp. 87–100.

- [17] T. R. Alkas and Norma., *POTENSI LIMBAH AMPAS KELAPA SEBAGAI SUMBER BIODIESEL*. Samarinda: Politani Samarinda, 2016.
- [18] L. Fitriana and I. H. Purnama, *Pengaruh perbandingan minyak/metanol dan waktu reaksi terhadap hasil biodiesel dengan metode sonikasi berbahan baku ampas kelapa dengan katalis CaO*, vol. 53, no. 9. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2019.
- [19] A. A. A. Raksodewanto Mokhammad; Hariana, Hariana, “Penggunaan Biodiesel B30 Untuk Sektor Pembangkit Listrik Dalam Rangka Penghematan Devisa,” *Pros. Semnastek*, no. PROSIDING SEMNASTEK 2018, pp. 1–5, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/3538>.
- [20] R. Raksasat *et al.*, “Blended sewage sludge–palm kernel expeller to enhance the palatability of black soldier fly larvae for biodiesel production,” *Processes*, vol. 9, no. 2, pp. 1–13, 2021, doi: 10.3390/pr9020297.