



PEMBINAAN DALAM PEMANFAATAN LIMBAH BIJI KAPUK MENJADI BIODIESEL BAGI MASYARAKAT DAN SENTRA INDUSTRI KAPUK KELURAHAN SUWAYUWO, PASURUAN

Mutia Devi Hidayati^{1*}, Arief Rahmatulloh¹, Sandra Santosa¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Malang, Indonesia

*Email: mutiadevi@polinema.ac.id

Informasi Artikel	Abstrak
<p>Kata kunci: Desa Suwayuwo; Sentra Industri Kapuk; Biji Kapuk; Biodiesel</p> <p>Diterima: 06-02-2022 Disetujui: 19-05-2022 Dipublikasikan: 15-07-2022</p>	<p>Desa Suwayuwo merupakan daerah di wilayah Kabupaten Pasuruan yang menjadi sentra industri pengolahan kapuk dengan produksi puluhan ton setiap tahunnya. Produk yang dihasilkan dari industri pengolahan kapuk bermacam-macam, seperti kapuk halus, biji, kulit, dan ampas. Produk samping dari pengolahan kapuk yang berupa biji kapuk hanya dijual ke industri terdekat. Hal ini dikarenakan masyarakat setempat maupun pihak industri pengolahan kapuk menganggap bahwa produk samping tersebut merupakan limbah dan tidak dapat diolah menjadi produk. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat dan juga sentra industri kapuk di Desa Suwayuwo, Pasuruan untuk diberikan pembinaan dan pelatihan skill agar mendapatkan pengetahuan serta keterampilan dalam mengolah produk samping berupa biji kapuk. Salah satu bentuk pelatihan keterampilan yang dapat diberikan kepada masyarakat dan juga sentra industri kapuk adalah cara pembuatan bahan bakar biodiesel dari biji kapuk. Pengabdian dilaksanakan pada tanggal 2 Oktober 2021 dengan peserta sebanyak 10-15 peserta. Berdasarkan hasil uji kuisisioner dapat diketahui bahwa nilai <i>mean</i> mencapai angka 3.90 dan nilai modus dari masing-masing pertanyaan adalah 4.0. Hal ini dapat diinformasikan bahwa peserta pelatihan paham, merasakan manfaat serta puas terhadap adanya pembinaan dalam pemanfaatan biji kapuk menjadi biodiesel. Peserta pelatihan juga mendapatkan hibah sebuah mesin <i>screw press</i> dari tim pengabdian yang dapat digunakan untuk memproduksi biodiesel secara mandiri.</p> <hr/> <p>Abstract</p> <p>Suwayuwo village is an area in the Pasuruan Regency which is the center of the kapok processing industry with tons production every year. The industry has many kinds of products, such as fine kapok, seed, skin, and dreg. In contrast to fine kapok, by-products of the industry namely, seeds, skins, and dregs are sold to the nearest industry. This condition happened due to poor knowledge of the industry to cultivate the by-products further. Hence, it is important for the community and the kapok industry in Suwayuwo village, Pasuruan for obtained knowledge, skill as well to process the by-products. The community service that has been done is how to make biodiesel fuel from kapok seed. Based on the results of</p>
<p>Keywords: Suwayuwo; Kapok Industry; Kapok Seed; Biodiesel</p>	

questionnaire test, it can be informed that the participants are understand and satisfied with the community service program of biodiesel production training activities. The mean value reached 3.90 and the median value of each question was 4.0.

PENDAHULUAN

Desa Suwayowo merupakan daerah di wilayah Kabupaten Pasuruan yang menjadi salah satu sentra industri pengolahan kapuk dengan produksi hampir puluhan ton setiap tahunnya. Dengan wilayah yang tidak terlalu besar, desa ini mampu mengembangkan 10 sentra industri kapuk. Bahan baku yang disebut gelondong kapuk tidak dipanen sendiri, melainkan diperoleh dari daerah lain seperti Nusa Tenggara Timur. Produk yang dihasilkan dari industri pengolahan kapuk juga bermacam-macam, seperti kapuk halus, biji, kulit, dan ampas. Kapuk halus merupakan produk utama dari industri kapuk yang telah dipasarkan secara luas, baik lokal (Pasuruan dan Sidoarjo) maupun nasional (Sumatera dan Kalimantan). Berbeda dengan kapuk halus, produk samping dari pengolahan kapuk berupa biji, kulit, dan ampas hanya dijual ke industri terdekat (Kecamatan Pandaan). Pengolahan 1 ton gelondong kapuk menghasilkan 200 kg kapuk halus dan 210 kg biji. Dalam sehari, satu industri kapuk dapat menghasilkan 1200 kg biji. Selama ini pihak industri pengolahan kapuk di desa Suwayowo langsung menjual biji kapuk tersebut dengan harga Rp. 3000/kg ke industri terdekat. Hal ini dikarenakan masyarakat setempat maupun pihak industri pengolahan kapuk menganggap bahwa biji kapuk tersebut tidak dapat dikonversi menjadi produk. Padahal biji kapuk tersebut sangat potensial untuk diolah menjadi sebuah produk yang memiliki nilai jual tinggi. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat dan juga sentra industri kapuk di Desa Suwayowo, Pasuruan untuk diberikan pembinaan dan pelatihan keterampilan skill agar mendapatkan pengetahuan serta keterampilan dalam mengolah bahan mentah, lebih jauh agar mereka memperoleh penghidupan yang lebih layak.

Salah satu bentuk pelatihan keterampilan yang dapat diberikan kepada masyarakat dan juga sentra industri kapuk adalah cara pembuatan biodiesel dari biji kapuk. Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang banyak digunakan oleh mesin diesel sebagai pengganti bahan bakar solar (Huang et al., 2012). Bahan bakar alternatif ini diproduksi dari alkil ester yang diperoleh dari minyak nabati seperti minyak biji randu. Pada umumnya biodiesel dibuat dengan menggunakan dua jenis reaksi yaitu esterifikasi dan transesterifikasi (Zaher & Soliman, 2015). Esterifikasi merupakan tahap konversi dari asam lemak bebas menjadi ester melalui katalis asam. Pada umumnya, tahapan ini dilakukan untuk menurunkan kadar FFA yang tinggi pada minyak nabati (Vieira et al., 2013). Transesterifikasi merupakan tahap konversi dari asam lemak menjadi ester dan menghasilkan produk samping yaitu gliserol. Dalam prosesnya, reaksi ini melibatkan alkohol dan katalis asam/basa (Fukuda et al., 2001). Proses transesterifikasi dengan katalis asam diperlukan jika minyak nabati mengandung FFA diatas 5%. Jika minyak nabati yang memiliki kadar FFA > 5% ditransesterifikasi dengan katalis basa, maka asam lemak bebas bereaksi dengan katalis membentuk sabun. Pembentukan sabun yang

cukup besar dapat menghambat pemisahan gliserol dan metil ester dan berakibat terbentuknya emulsi selama proses pencucian.

Pembinaan kepada masyarakat dilakukan melalui dua tahapan, yaitu konversi biji kapuk menjadi minyak biji kapuk yang diperoleh dengan cara menekan biji kapuk menggunakan mesin *screw press* hingga mengeluarkan minyak (Hamza et al., 2020; Syafiuddin et al., 2020). Tahapan selanjutnya yaitu konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel dengan menggunakan mesin konversi minyak skala kecil (20 liter). Hasil bahan bakar biodiesel yang dibuat oleh masyarakat dan sentra industri kapuk dapat dijual dengan nilai yang lebih tinggi daripada nilai biji kapuk sehingga diharapkan dapat meningkatkan perekonomian mereka.

Tujuan dari pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah untuk memberi bekal kepada masyarakat dan sentra industri kapuk dengan ilmu dan teknologi tepat guna, serta dapat meningkatkan perekonomian dari masyarakat dengan cara memberikan pembinaan dan praktek pembuatan bahan bakar Biodiesel.

METODE

Metode yang diterapkan dalam pelaksanaan PKM ini adalah pendampingan pengolahan limbah biji kapuk menjadi biodiesel mulai dari bahan mentahnya hingga menjadi biodiesel siap jual dan juga pengadaan peralatan mesin *screw press* biji kapuk serta peralatan gelas untuk menunjang proses konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel dengan mengungkap permasalahan yang dihadapi oleh kedua mitra yaitu masyarakat dan sentra industri kapuk, Kelurahan Suwayuwo, Kecamatan Sukorejo, Pasuruan. Selanjutnya dilakukan diskusi serta praktek langsung di lapangan untuk mendapatkan solusi yang tepat.

Tahapan pelaksanaan PKM yaitu sebagai berikut:

1. Koordinasi kegiatan dengan mitra, utamanya sentra industri kapuk desa Suwayuwo, Pasuruan mengenai persiapan pelaksanaan kegiatan di masa pandemi Covid-19 dan tenaga lapangan yang akan membantu pada tanggal 14-15 Agustus 2021.
2. Perakitan mesin *screw press* biji kapuk oleh pengabdian dan dibantu teknisi laboratorium pada tanggal 21 Agustus 2021
3. Produksi minyak biji kapuk dengan menggunakan mesin *screw press* pada tanggal 23 Agustus 2021
4. Konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel dengan menggunakan mesin konversi minyak skala kecil (20 liter). Alat yang digunakan adalah mesin konversi minyak skala kecil (20 liter); gelas ukur 500 mL dan termometer. Bahan yang digunakan adalah minyak biji kapuk, methanol (98%, Merck, Singapura), NaOH (98%, Merck, Singapura) pada tanggal 24-25 Agustus 2021

5. Pembuatan modul konversi biji kapuk menjadi biodiesel oleh pengabdian dan dibantu teknisi laboratorium. Modul dibagikan kepada peserta pelatihan
6. Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat di desa Suwayuwo, Pasuruan pada tanggal 2 Oktober 2021. Metode pelaksanaan pengabdian dengan rincian sebagai berikut :
 - a. Peserta pelatihan dibatasi berjumlah 10-15 orang untuk mencegah terjadinya kerumunan. Jarak tempat duduk peserta juga diatur berjarak 1 meter antara satu dengan lainnya.
 - b. Pelatihan dilaksanakan ditempat terbuka. Pada saat memasuki tempat pelatihan, peserta diberi seminar kit berupa starter pack protocol kesehatan yaitu masker, hand sanitizer, dan *face shield*
 - c. Pemaparan tentang biodiesel, keunggulan dan analisa ekonomi produksi biodiesel. Selanjutnya dilakukan pemaparan tentang proses produksi biodiesel dari biji kapuk melalui video tayang ke peserta pelatihan dan menunjukkan bukti biodiesel hasil produksi dari biji kapuk
 - d. Pendampingan secara klasikal proses pemanfaatan limbah biji kapuk menjadi biodiesel dengan menjelaskan cara kerja mesin *screw press* dan alat konversi biodiesel.
 - e. Pembukaan sesi tanya jawab dan diskusi dilakukan selama pendampingan secara klasikal.
 - f. Pemaparan strategi marketing terhadap produk biodiesel agar peserta semakin memahami alur penjualan produk biodiesel.
 - g. Pengabdian menyerahkan mesin screw press melalui persetujuan nota hibah antara kedua belah pihak.
 - h. Peserta pelatihan diminta untuk mengisikan *feedback* bertujuan agar kegiatan produksi biodiesel tidak berhenti ketika kegiatan selesai dilaksanakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian dilakukan mulai dari peninjauan awal kepada masyarakat dan sentra industri kapuk desa Suwayuwo, Pasuruan. Peninjauan awal dilokasi sentra industri kapuk seperti pada Gambar 1 dilakukan untuk mengetahui permasalahan dari kedua mitra tersebut. Hasil peninjauan di lokasi, dapat diketahui bahwa industri kapuk hanya menghasilkan kapuk halus yang bernilai tinggi, sedangkan biji kapuk langsung dijual kepada pengepul dengan harga yang cukup rendah yaitu 2500/kg. Berdasarkan peninjauan awal dan konsultasi mitra, maka pengabdian memberikan pembinaan terkait pengolahan limbah biji kapuk menjadi sesuatu yang lebih berguna yaitu biodiesel.

Pembinaan dalam konversi limbah biji kapuk menjadi biodiesel dilakukan melalui dua tahap kegiatan yaitu: konversi limbah biji kapuk menjadi minyak biji kapuk dan konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel. Dalam prosesnya, konversi limbah biji kapuk menjadi minyak biji kapuk diperlukan proses pressing biji kapuk menggunakan mesin. Untuk keperluan tersebut, pengabdian merakit suatu mesin screw press yang digunakan untuk menekan biji kapuk sehingga mengeluarkan minyak biji kapuk. Minyak biji kapuk inilah yang dikonversi menjadi biodiesel. Rendemen dari

proses press biji kapuk tersebut adalah 25-30%. Hal ini berarti untuk 1 kilogram biji kapuk menghasilkan 250-300 mL minyak biji kapuk.



Gambar 1. Peninjauan awal di industri pengolahan kapuk desa Suwayuwo, Pasuruan



Gambar 2. A. Mesin screw press, B. Minyak biji kapuk, C. Residu pengolahan biji kapuk

Proses konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel dilakukan dengan menggunakan mesin konversi minyak skala kecil (20 L). Minyak biji kapuk yang diperoleh dari proses pressing didiamkan selama ± 48 jam. Pendiaman ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari pengotornya. Selanjutnya minyak biji kapuk tersebut dimasukkan ke dalam corong feed untuk dialirkan melalui membrane filter. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan pengotor dari minyak dan menurunkan kadar FFA dari minyak biji kapuk tersebut. Setelah melalui membran filter tersebut, minyak biji kapuk dialirkan ke dalam reaktor untuk dilakukan proses transesterifikasi. Pada proses tersebut digunakan katalis NaOH sebanyak 2% dari berat sampel minyak, dan juga methanol dengan perbandingan mol 3:1 dari berat minyak. Sebelum dilakukan proses transesterifikasi katalis dan metanol dicampur terlebih dahulu, dipanaskan hingga katalis larut dalam methanol. Selanjutnya minyak biji kapuk dipanaskan pada suhu 60°C , kemudian campuran katalis-metanol dimasukkan secara perlahan. Proses reaksi

dilakukan pada suhu 60°C selama 60 menit. Apabila proses tersebut selesai, hasil reaksi transesterifikasi dialirkan ke separator untuk dilakukan proses pemisahan antar biodiesel dan gliserol. Proses pemisahan ini dilakukan selama kurang lebih 60 menit. Biodiesel yang diperoleh masih memungkinkan terdapat pengotor, sehingga dilakukan proses pencucian dengan air panas suhu 80-90°C, hasil proses pencucian tersebut adalah metil ester yang bebas pengotor (Ong et al., 2019; Pooja et al., 2021). Dalam prosesnya, metil ester masih terdapat sisa air pencuci, sehingga diperlukan penguapan sisa air pencuci dengan memanaskan metil ester pada temperatur 100°C (Balajii & Niju, 2020; Vedharaj et al., 2013). Mesin konversi biodiesel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Mesin konversi biodiesel dari minyak biji kapuk

Pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat di desa Suwayuwo seperti pada Gambar 4 dilaksanakan pada tanggal 2 Oktober 2021, bertempat di Balai desa sesuai dengan protokol kesehatan dengan dihadiri 15 peserta yang terdiri dari kader karang taruna, ketua asosiasi petani kapuk, kepala desa dan warga desa Suwayuwo. Pengabdian dimulai dengan pemberian materi tentang potensi biji kapuk. Hal ini bertujuan agar masyarakat memahami bahwa biji kapuk dapat diolah menjadi produk lain yang lebih bernilai salah satunya adalah biodiesel. Setelah pemberian materi, peserta akan dibimbing dalam melakukan eksperimen secara klasikal untuk mengubah biji kapuk menjadi minyak biji kapuk menggunakan mesin *screw press*.



Gambar 4. Suasana kegiatan pengabdian kepada masyarakat di desa Suwayuwo, Pasuruan, Jawa Timur

Selanjutnya, peserta juga dibimbing dalam proses konversi minyak biji kapuk menjadi biodiesel menggunakan mesin konversi minyak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil yang didapatkan dari konversi minyak biji kapuk menggunakan mesin konversi minyak diperoleh biodiesel seperti pada Gambar 6.



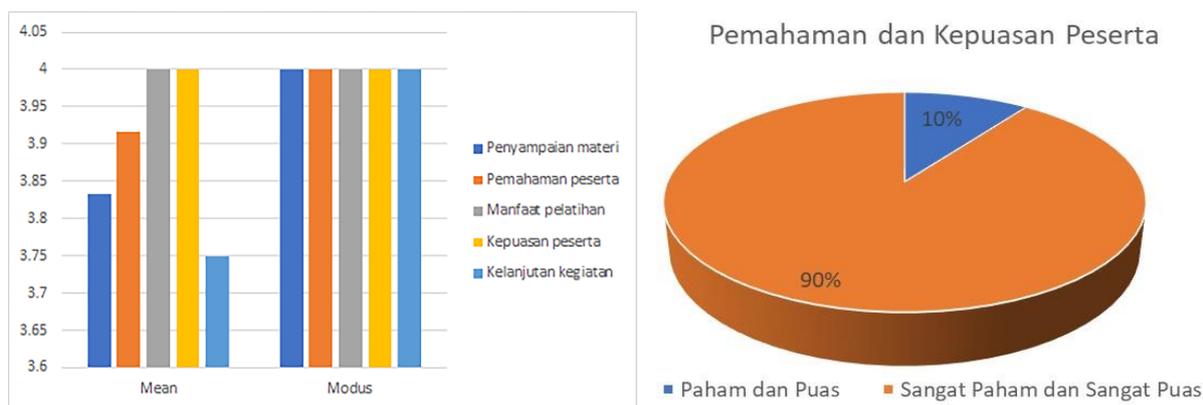
Gambar 5. Praktek eksperimen mengolah biji kapuk menjadi biodiesel

Pengabdian juga menghibahkan sebuah mesin screw press berskala kecil kepada asosiasi petani kapuk dengan tujuan agar petani kapuk tetap dapat melakukan produksi biodiesel. Mesin berskala kecil yang diserahkan merupakan pilot project produksi biodiesel Kerjasama antara jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang dan Desa Suwayuwo, Pasuruan, Jawa Timur.



Gambar 6. Produk biodiesel yang berasal dari minyak biji kapuk

Pembagian kuisisioner dilakukan untuk mengetahui tingkat pemahaman dan kepuasan mitra terhadap pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat. Dalam kuisisioner terdapat 5 (Lima) pertanyaan yang berisi tentang kejelasan materi, pemahaman dan kepuasan peserta serta keberlanjutan kegiatan oleh peserta dengan nilai minimum 1 dan maksimum 4. Kuisisioner ini dibagikan kepada seluruh peserta yang berjumlah 15 orang. Validitas kuisisioner disusun berdasarkan validitas konstruksi sehingga dapat diperoleh informasi serta mengukur kepuasan peserta pelatihan. Sedangkan untuk realibilitas kuisisioner disusun berdasarkan konsep *one shot* yaitu pengukuran dilakukan hanya pada satu waktu yaitu pada saat pelaksanaan pelatihan (Budiastuti & Bandur, 2018). Grafik hasil kuisisioner dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hasil kuisisioner

Berdasarkan grafik hasil uji kuisisioner dapat diketahui bahwa rata-rata para peserta memahami dan puas terhadap kegiatan pelatihan pembuatan biodiesel. Nilai mean rata-rata dari 15 jumlah data mencapai angka 3.90 dan nilai modus dari masing-masing pertanyaan adalah 4.0. Dari gambar 7 juga dapat diketahui bahwa sebanyak 90% peserta sangat paham dan sangat puas, sedangkan 10% sisanya merasa paham dan puas terhadap kegiatan PkM yang dilaksanakan dari total 15 peserta. Hal ini dapat

diinformasikan bahwa peserta pelatihan rata-rata paham, merasakan manfaat serta puas terhadap pembinaan dalam pemanfaatan biji kapuk menjadi biodiesel.

Nilai koefisien korelasi diperoleh dengan menggunakan program *Statistical Product Service Solutions* (SPSS) dari masing-masing pertanyaan adalah 0.904; 0.916; 0.924; 0.924; dan 0.882. Koefisien korelasi tersebut bernilai lebih dari 0.05 yang berarti bahwa pertanyaan pada kuisioner bersifat valid. Sedangkan nilai *Cronbach Alpha* dengan menggunakan program yang sama diperoleh sebesar 0.9375 yang menunjukkan bahwa pertanyaan kuisioner bersifat reliabel.

Pada akhir pelatihan tim pengabdian juga menghibahkan sebuah mesin screw press kepada peserta pelatihan agar peserta pelatihan dapat meneruskan usaha produksi biodiesel secara mandiri. Kepala desa Suwayuwo dan juga ketua asosiasi petani kapuk menyampaikan bahwa mereka berharap agar kegiatan pengabdian kepada masyarakat desa Suwayuwo, Pasuruan dapat bersifat sustain atau berkelanjutan dan tidak berhenti tahun ini saja. Mereka juga berharap agar dapat membuat lapangan kerja baru dengan cara mengolah potensi produk samping dari kapuk yaitu biji, kulit dan bungkil atau limbah kapuk. Produk-produk tersebut diantaranya yaitu bungkil randu yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak (O.D. Subakti et al., 2013). Gliserol yang dapat dimanfaatkan menjadi sabun transparan dan juga kulit kapuk yang dapat dijadikan bahan adsorben limbah (Lacuesta et al., 2018; Nchimbi, 2020; Zheng et al., 2015).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengabdian kepada masyarakat desa Suwayuwo, Pasuruan ini dapat disimpulkan bahwa sentra industri kapuk dan juga masyarakat desa Suwayuwo, Pasuruan memiliki minat dan keterampilan dalam mengolah biji kapuk menjadi biodiesel. Hasil uji kuisioner juga memperlihatkan bahwa para peserta pelatihan rata-rata memahami, puas dan merasakan manfaat dari pengabdian kepada masyarakat yang telah dilakukan. Adanya mesin screw press hibah dari tim pengabdian juga membuat peserta pelatihan dapat meneruskan usaha produksi biodiesel secara mandiri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada kampus Politeknik Negeri Malang, khususnya UPT Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat yang telah memberikan kesempatan dan pendanaan melalui dana DIPA Nomor SP DIPA-023.18.2.677606/2021 untuk melakukan pengabdian kepada masyarakat pada tahun 2021. Terima kasih juga kami tujukan, khususnya Kepala Desa Suwayuwo, masyarakat dan sentra industri kapuk di Pasuruan yang telah memberikan kesempatan kepada tim pengabdian untuk memberikan pembinaan.

DAFTAR PUSTAKA

Balajii, M., & Niju, S. (2020). Banana peduncle – A green and renewable heterogeneous base catalyst for biodiesel production from Ceiba pentandra oil. *Renewable Energy*, 146, 2255–2269.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.08.062>

- Budiastuti, D., & Bandur, A. (2018). Validitas dan Reabilitas Penelitian. In *Binus*. www.mitrawacanamedia.com
- Fukuda, H., Kondo, A., & Noda, H. (2001). Biodiesel fuel production by transesterification of oils. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 92(5), 405–416. [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(01\)80288-7](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(01)80288-7)
- Hamza, M., Ayoub, M., Shamsuddin, R. Bin, Mukhtar, A., Saqib, S., Zahid, I., Ameen, M., Ullah, S., Al-Sehemi, A. G., & Ibrahim, M. (2020). A review on the waste biomass derived catalysts for biodiesel production. *Environmental Technology and Innovation*, 101200. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101200>
- Lacuesta, A. C., Herrera, M. U., Manalo, R., & Balela, M. D. L. (2018). Fabrication of kapok paper-zinc oxide-polyaniline hybrid nanocomposite for methyl orange removal. *Surface and Coatings Technology*, 350(February), 971–976. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2018.03.043>
- Nchimbi, H. Y. (2020). Quantitative and qualitative assessment on the suitability of seed oil from water plant (*Trichilia emetica*) for soap making. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(11), 3161–3168. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.07.019>
- O.D. Subakti, E. K., Dan, K. G., Siklopropenoat, A., Organ, D., & Pertumbuhan, D. A. N. (2013). *Evaluasi pencernaan pakan, kandungan*. 97–107.
- Ong, H. C., Milano, J., Silitonga, A. S., Hassan, M. H., Shamsuddin, A. H., Wang, C. T., Indra Mahlia, T. M., Siswanto, J., Kusumo, F., & Sutrisno, J. (2019). Biodiesel production from *Calophyllum inophyllum*-*Ceiba pentandra* oil mixture: Optimization and characterization. *Journal of Cleaner Production*, 219, 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.048>
- Pooja, S., Anbarasan, B., Ponnusami, V., & Arumugam, A. (2021). Efficient production and optimization of biodiesel from kapok (*Ceiba pentandra*) oil by lipase transesterification process: Addressing positive environmental impact. *Renewable Energy*, 165, 619–631. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.11.053>
- Syafiuddin, A., Chong, J. H., Yuniarto, A., & Hadibarata, T. (2020). The current scenario and challenges of biodiesel production in Asian countries: A review. *Bioresource Technology Reports*, 12(July), 100608. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2020.100608>
- Vedharaj, S., Vallinayagam, R., Yang, W. M., Chou, S. K., Chua, K. J. E., & Lee, P. S. (2013). Experimental investigation of kapok (*Ceiba pentandra*) oil biodiesel as an alternate fuel for diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 75, 773–779. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.08.042>
- Vieira, S. S., Magriotis, Z. M., Santos, N. A. V., Saczk, A. A., Hori, C. E., & Arroyo, P. A. (2013). Biodiesel production by free fatty acid esterification using lanthanum (La³⁺) and HZSM-5 based catalysts. *Bioresource Technology*, 133, 248–255. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.01.107>
- Zaher, F. A., & Soliman, H. M. (2015). Biodiesel production by direct esterification of fatty acids with propyl and butyl alcohols. *Egyptian Journal of Petroleum*, 24(4), 439–443. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.10.007>
- Zheng, Y., Wang, J., Zhu, Y., & Wang, A. (2015). Research and application of kapok fiber as an absorbing material: A mini review. *Journal of Environmental Sciences (China)*, 27(C), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.09.026>