



**PENAMBAHAN PERSENTASE DAUN PEPAYA SEBAGAI
KATALIS HETEROGEN TERHADAP KUALITAS BODIESEL
MINYAK KEDELAI DENGAN METODE TRANSESTERIFIKASI**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (S.T)
Pada Program Studi Teknik Mesin



Disusun Oleh :

Chrisna Yuda Hartato

21901052088

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM MALANG

2023

ABSTRAK

Chrisna Yuda Hartato. 2023. Penambahan Persentase Daun Pepaya sebagai Katalis Heterogen terhadap Kualitas Biodiesel Minyak Kedelai Dengan Metode Transesterifikasi. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang, Dosen Pembimbing : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T. dan Nur Robbi, S.T., M.T

Udara yang semakin tercemar karena emisi gas buang dari bahan bakar fosil. Energi alternatif menjadi pengganti bahan bakar fosil. Energi alternatif yang dikembangkan saat ini adalah biodiesel dengan katalis dari sampah organik mengandung kalsium yang disebut katalis heterogen. Daun pepaya sebagai katalis heterogen sebagai reaksi biodiesel meningkatkan bertujuan meningkatkan rendemen, menurunkan massa jenis dan menurunkan viskositas kinematik. Biodiesel diproduksi dengan metode transesterifikasi menggunakan *hotplate magnetic stirrer*. Salah satu bahan baku pembuatan biodiesel adalah minyak kedelai. Penelitian ini membahas pengaruh penambahan daun pepaya sebagai katalis terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi menggunakan metode eksperimental nyata. Katalis sebagai reaktan mempercepat reaksi biodiesel dan metanol dengan variasi kadar katalis 2wt%, 4 wt% dan 6 wt% daun pepaya dari massa biodiesel. Daun pepaya diklasinasi dengan suhu 800°C, waktu tiga jam dalam *furnace* menghilangkan karbon, hingga kalsium menjadi kalsium oksida (CaO). Minyak kedelai diproses dengan proses esterifikasi menggunakan katalis asam sulfat (H₂SO₄) dan metanol 32,5 ml dan massa minyak kedelai 200 gram, kecepatan pengadukan 400 rpm, suhu 60°C dan waktu 90 menit, dipanaskan dengan suhu 100°C selama satu jam. Proses transesterifikasi katalis daun pepaya, metanol 16,5 ml, massa minyak kedelai hasil esterifikasi 25 gram, kecepatan pengadukan 450 rpm, suhu 65°C dan waktu 120 menit lalu dicuci dengan aquades suhu 80°C tiga kali, dipanaskan dengan suhu 100°C selama satu jam. Hasil Penelitian menunjukkan rendemen pada biodiesel 2 wt%, 4 wt% dan 6 wt% adalah 68,16%, 65,6% dan 63,1%. Densitas minyak jelantah murni, biodiesel 2 wt%, 4 wt% dan 6 wt% adalah 0,8842 g/ml, 0,881 g/ml, 0,877 g/ml dan 0,859 g/ml. Viskositas kinematik minyak kedelai murni, biodiesel 2 wt%, 4 wt% dan 6 wt% adalah 11,549 cSt, 6,794 cSt, 5,825 cSt dan 2,479 cSt.

Kata Kunci : Biodiesel, Transesterifikasi, Daun Pepaya, Katalis, Esterifikasi, Kalsinasi

ABSTRACT

Chrisna Yuda Hartato. 2023. *Addition of Papaya Leaf Percentage as a Heterogeneous Catalyst to the Quality of Soybean Oil Biodiesel by Transesterification Method.* Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang, Supervisor : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T and Nur Robbi, S.T., M.T

The air polluted is increased due to exhaust emissions from fossil fuels. Alternative energy is becoming a substitute for fossil fuels. The alternative energy developed today is biodiesel with catalysts from organic waste containing calcium called heterogeneous catalysts. Papaya leaves as a heterogeneous catalyst as a biodiesel reaction increase aims to increase yield, reduce density and decrease kinematic viscosity. Biodiesel is produced by the transesterification method using a hotplate magnetic stirrer. One of the raw materials for making biodiesel is soybean oil. This study discusses the effect of adding papaya leaves as a catalyst on the quality of soybean oil biodiesel by transesterification method using real experimental methods. The catalyst as a reactant accelerates the reaction of biodiesel and methanol with variations in catalyst content of 2wt%, 4 wt% , and 6 wt% papaya leaves from the biodiesel mass. Papaya leaves are classified with a temperature of 800°C, and three hours in the furnace removes carbon, until calcium becomes calcium oxide (CaO). Soybean oil is processed by the esterification process using a sulfuric acid catalyst (H₂SO₄) and 32.5 ml methanol and soybean oil mass of 200 grams, stirring speed 400 rpm, temperature 60°C and time 90 minutes, heated to a temperature of 100°C for one hour. The process of transesterification of papaya leaf catalyst, methanol 16.5 ml, mass of esterified soybean oil 25 grams, stirring speed 450 rpm, temperature 65°C and time 120 minutes then washed with aquades temperature 80 ° C three times, heated to a temperature of 100 ° C for one hour. The results showed that the yield in biodiesel 2 wt%, 4 wt% and 6 wt% was 68.16%, 65.6% and 63.1%. The density of pure used cooking oil, biodiesel 2 wt%, 4 wt% and 6 wt% is 0.8842 g/ml, 0.881 g/ml, 0.877 g/ml and 0.859 g/ml. The kinematic viscosity of pure soybean oil, biodiesel 2 wt%, 4 wt% and 6 wt% is 11.549 cSt, 6.794 cSt, 5.825 cSt and 2.479 cSt.

Keywords : Biodiesel, Transesterification, Papaya Leaf, Catalyst, Esterification, Calcination

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar fosil berdampak besar pada pencemaran udara, perubahan iklim dan kesehatan manusia terganggu karena efek yang dihasilkan dari rumah kaca (Firdausy *et al.*, 2020). Energi alternatif sebagai salah satu yang dapat diperbaharui dan digunakan untuk menggantikan bahan bakar minyak bumi dan gas alam (fossil fuels), biodiesel merupakan sumber energi terbarukan jangka panjang pengganti bahan bakar fosil seperti solar. Penelitian sebelumnya (Saa *et al.*, 2019) biodiesel memiliki banyak keunggulan nyala api dan angka setana yang tinggi, CO₂ yang dihasilkan tidak tinggi dan tidak menghasilkan kandungan sulfur. Biodiesel dapat digunakan langsung pada mesin diesel dan tidak perlu mengubah setelan mesin diesel itu kembali (Mathew *et al.*, 2021), sehingga biodiesel bisa dijadikan pengganti bahan bakar diesel yang terbuat dari fosil.

Transesterifikasi adalah proses yang digunakan untuk memproduksi biodiesel dari lemak dari tumbuhan atau lemak hewan menggunakan metanol. Reaksi dapat dipercepat dan dioptimalkan menggunakan katalis agar hasil dari perubahan minyak nabati ke biodiesel mendapatkan hasil rendemen yang lebih tinggi. Katalis yang sering digunakan yaitu katalis homogen karena pengaktifannya tinggi, harga murah dan mudah didapat seperti Kalium Hidroksida (KOH) dan Natrium Hidroksida (NaOH). (Susila Arita *et al.*, 2020) ; (Rezania *et al.*, 2019). Transesterifikasi memiliki kelemahan yaitu kadar air yang dihasilkan tinggi sehingga menurunkan rendemen biodiesel, sifat korosif dan tidak dapat digunakan kembali sehingga menimbulkan penambahan sampah. Alternatif yang dapat digunakan adalah katalis heterogen berbasis sampah organik seperti tulang hewan, daun pepaya, daun kelor (Rahman, 2018), daun kelor dan daun pepaya (Anwar *et al.*, 2019).

Penelitian sebelumnya oleh (Joy Ugo *et al.*, 2019) memiliki pendapat kandungan daun pepaya terdapat mikro nutrisi kalsium lebih besar dibandingkan dengan daun kelor (Saa *et al.*, 2019). Penelitian ini menggunakan daun pepaya karena daun pepaya memiliki potensi lebih besar sebagai katalis heterogen yang menghasilkan rendemen biodiesel. Daun pepaya memiliki kandungan mikro nutrisi cukup beragam berupa fosfor (P), Natrium (Na) dan Kromium (Cr) yang berguna untuk ion penguat pada reaksi transesterifikasi biodiesel dari minyak kedelai. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh daun pepaya terhadap

biodiesel. Berdasarkan latar belakang yang tertulis di atas, peneliti akan membahas tentang pengaruh daun pepaya terhadap biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi agar hasil rendemen biodiesel tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimanakah pengaruh penambahan persentase daun pepaya sebagai katalis heterogen terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui penambahan persentase daun pepaya sebagai katalis heterogen terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi.

1.4 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas, dalam penelitian ini maka perlu dilakukan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Tidak menghitung *Free fatty acid* (FFA) minyak kedelai.
2. Minyak kedelai yang digunakan bersifat murni.
3. Perhitungan rendemen, densitas dan viskositas pada biodiesel memiliki kadar katalis 2 wt%, 4 wt% dan 6 wt%.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk peneliti yang mendatang khususnya mahasiswa teknik tentang pengaruh katalis daun pepaya terhadap biodiesel minyak kedelai dengan metode transesterifikasi.
2. Memberikan pengetahuan dengan data bahwa katalis dan minyak kedelai berpengaruh dalam hasil biodiesel
3. Terciptanya bahan bakar biodiesel dari daun pepaya sebagai katalis

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Visualisasi warna dan tingkat kejernihan jika didiamkan lebih lama, biodiesel dengan kadar katalis 2 wt %, warna kuning dan tingkat kebeningannya tetap bertahan, sedangkan untuk biodiesel dengan kadar katalis 4 wt% dan 6 wt% lebih cepat keruh, tidak bening.

Dari tiga biodiesel variasi kadar katalis, densitas dari tiga biodiesel sudah memenuhi standart biodiesel SNI 7182:2015, sedangkan jika dinilai dari viskositas, untuk variasi kadar 2 wt% tidak memenuhi standart SNI 7182:2015, sedangkan biodiesel variasi 4 wt% dan 6 wt% sudah memenuhi standar SNI 7182:2015.

Perbedaan nilai viskositas kinematik, densitas dan rendemen dikarenakan aktivitas katalis yang reaktif, katalis memiliki tingkat kebasaaan tinggi dan penelitian tidak menggunakan alat *sentrifuge*.

5.2 Saran

1. Setelah proses kalsinasi, katalis di simpan dalam tempat desikator. Udara yang mengandung kadar air masih bisa masuk dalam toples kaca sehingga tidak bisa tahan lama.
2. Termometer digunakan saat transesterifikasi, karena suhu pada *hotplate magnetic stirrer* tidak sama dengan suhu biodiesel. *Three neck flask* juga sebaiknya digunakan agar metanol yang menguap dikembalikan pada proses transesterifikasi.
3. Biodiesel yang sudah diproses transesterifikasi sebaiknya dimasukkan ke *sentrifuge* agar kadar air, gliserol dan terpisah dengan baik tanpa adanya gliserol yang menempel pada corong pemisah.
4. Penyaringan menggunakan dua lapis kertas filter.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, Z., Katalis, S., Limbah, P., Bekas, B., Bahan, M., & Cair, B. (2019). *Automotive Experiences*. 2(1), 15–21.
- Aleman-Ramirez, J. L., Moreira, J., Torres-Arellano, S., Longoria, A., Okoye, P. U., & Sebastian, P. J. (2021). Preparation of a heterogeneous catalyst from moringa leaves as a sustainable precursor for biodiesel production. *Fuel*, 284(March 2020), 118983. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118983>
- Aleman-Ramirez, J. L., Okoye, P. U., Torres-Arellano, S., Paraguay-Delgado, F., Mejía-López, M., Moreira, J., & Sebastian, P. J. (2022). Development of reusable composite eggshell-moringa leaf catalyst for biodiesel production. *Fuel*, 324(May). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.124601>
- AlSharifi, M., & Znad, H. (2019). Development of a lithium based chicken bone (Li-Cb) composite as an efficient catalyst for biodiesel production. *Renewable Energy*, 136, 856–864. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.052>
- Anwar, M., Rasul, M. G., Ashwath, N., & Nabi, M. D. N. (2019). The potential of utilising papaya seed oil and stone fruit kernel oil as non-edible feedstock for biodiesel production in Australia—A review. *Energy Reports*, 5, 280–297. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2019.02.007>
- Aziz, I., Nurbayti, S., & Ulum, B. (2011). Esterifikasi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Goreng Bekas. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(2), 384–388. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i2.201>
- Baihaqi, R. A., Pratikno, H., & Hadiwidodo, S. (2019). *Analisis Sour Corrosion pada Baja ASTM A36 Akibat Pengaruh Asam Sulfat dengan Variasi Temperatur dan Waktu Perendaman di Lingkungan Laut*. 8(2).
- Busyairi, M., Muttaqin, A. Z., Meicahyanti, I., & Saryadi, S. (2020). Potensi Minyak Jelantah Sebagai Biodiesel dan Pengaruh Katalis Serta Waktu Reaksi Terhadap Kualitas Biodiesel Melalui Proses Transesterifikasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(2), 933–940. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i2.1920>
- Chaironi dkk. (2014). Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi Pada Struktur Silika. *Jurnal Sains Dan Seni POMITS*, 3(1), 47. http://ejournal.its.ac.id/index.php/sains_seni/article/view/5563
- Chingakhom, C., David, A., & Sajith, V. (2019). Fe₃O₄ nanoparticles impregnated eggshell as a novel catalyst for enhanced biodiesel production. *Chinese Journal of*

- Chemical Engineering*, 27(11), 2835–
- Darmawan, F. I., Susila, I. W., & Syamsidar, H. (2013). Proses produksi biodiesel dengan metode dry-wash system. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 2(1), 209–218. www.wartaekonomi.com/indicator,
- Dwiyanti, G., Suryatna, A., & Nurhayati, M. (2018). Optimization Experimental Procedure and Setup of a Guided Inquiry Laboratory Worksheet of Transesterification Reaction on Biodiesel Production. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, 3(1), 38. <https://doi.org/10.20961/jkpk.v3i1.11878>
- Efendi, R., Aulia, H., Faiz, N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasi-Transesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah Biodiesel Production From Waste Cooking Oil By Esterification-Transesterification Methods Based on Amount of Used Cooking Oil. *Industrial Research*, 7182, 2,4.
- Fanny, W. A., Subagio, S., & Prakoso, T. (2018). Pengembangan katalis Kalsium Oksida untuk sintesis biodiesel. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 11(2), 66. <https://doi.org/10.5614/jtki.2012.11.2.1>
- Firdausy, M. A., Mizwar, A., Khair, R. M., Nirtha, R. I., & Hamatha, N. (2020). Perbandingan Emisi Gas Buang Yang Dihasilkan Pada Penerapan Biodiesel Di Pt Adaro Indonesia. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 6(2), 147–156. <https://doi.org/10.20527/jukung.v6i2.9258>
- Fitriani, F. (2018). Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Biji Alpukat Teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 9(2), 65. <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v9i2.26770>
- Ge, S., Brindhadevi, K., Xia, C., Elesawy, B. H., Elfasakhany, A., Unpaprom, Y., & Doan, H. Van. (2021). Egg shell catalyst and chicken waste biodiesel blends for improved performance, combustion and emission characteristics. *Fuel*, 306(July), 121633. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121633>
- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis Minyak Jelantah Sebagai Bahan Bakar Biodiesel dengan Proses Transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.33087/daurling.v1i1.4>
- Herliansyah, M. K., Nasution, D. A., Bin Abdul Shukor, M. H., Ide-Ektessabi, A., Wildan, M. W., & Tontowi, A. E. (2007). Preparation and Characterization of Natural Hydroxyapatite: A Comparative Study of Bovine Bone Hydroxyapatite and

- Hydroxyapatite from Calcite. *Materials Science Forum*, 561–565, 1441–1444. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.561-565.1441>
- Huda, I., Kusumaningrum, R., Jamil, M. S., Widayatno, W. B., Wismogroho, A. S., Rochman, N. T., & Noviyanto, A. (2020). Sintesis kalsium pirofosfat (Ca₂P₂O₇) dari limbah cangkang telur dengan metode solvothermal. *Chempublish Journal*, 5(1), 68–76. <https://doi.org/10.22437/chp.v5i1.8669>
- Joy Ugo, N., Raymond Ade, A., & Tochi Joy, A. (2019). Nutrient Composition of Carica Papaya Leaves Extracts. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 02(03), 274–282. <https://doi.org/10.26502/jfsnr.2642-11000026>
- Landi, T., & Arijanto, A. (2017). Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Teknik Mesin Undip*, 5(1), 1–8.
- Mansir, N., Teo, S. H., Rashid, U., Saiman, M. I., Tan, Y. P., Alsultan, G. A., & Taufiq-Yap, Y. H. (2018). Modified waste egg shell derived bifunctional catalyst for biodiesel production from high FFA waste cooking oil. A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82(October 2017), 3645–3655. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.10.098>
- Marlina, E., Wijayanti, W., Yuliati, L., & Wardana, I. N. G. (2020). The role of pole and molecular geometry of fatty acids in vegetable oils droplet on ignition and boiling characteristics. *Renewable Energy*, 145, 596–603. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.064>
- Marnelisa, E., & Ginting, Z. (2022). Pembuatan Biodiesel Dari Minyak Mikroalga Dunaliella Salina Dengan Proses Transesterifikasi Menggunakan Katalis Basa. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 218–229.
- Mathew, G. M., Raina, D., Narisetty, V., Kumar, V., Saran, S., Pugazhendi, A., Sindhu, R., Pandey, A., & Binod, P. (2021). Recent advances in biodiesel production: Challenges and solutions. *Science of the Total Environment*, 794, 148751. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148751>
- Megawati, E., Pratama, A. H., Warsa, I. K., P Putra, A. O., Effendi, N., & Yuniarti, Y. (2022). Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu proses esterifikasi pada tahapan proses biodisel. *Jurnal Teknik Kimia*, 28(1), 37–43. <https://doi.org/10.36706/jtk.v28i1.1066>
- Nurdianti, L., & Aji, N. (2018). *Evaluasi Sediaan Emulgel Anti Jeraat Tea Tree* (

- Melaleuca alternifolia*) Oil Dengan Menggunakan HPMC Sebagai Gelling Agent *Oil*. 1, 23–31.
- Oko Mustafa; Kurniawan, Andri; Willain, Danu, S. M. (2021). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reak Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH. *Jurnal Teknologi*, 13(Vol 13, No 1 (2021): Jurnal Teknologi), 1–
- Prasetyo, J. (2018). Studi Pemanfaatan Minyak Jelantah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.32493/jitk.v2i2.1679>
- Purba, H. J., Sinaga, B. M., Novianti, T., & Kustiari, R. (2018). Dampak Kebijakan Perdagangan terhadap Pengembangan Industri Biodiesel Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi*, 36(1), 1. <https://doi.org/10.21082/jae.v36n1.2018.1-24>
- Putri, S. K., Hariyadi, P., Mursalin, M., & Andarwulan, N. (2020). Pemurnian Produk Mono-Diasilgliserol (MDAG) Hasil Gliserolisis Kimia dengan Metode Demulsifikasi Krim. *AgriTECH*, 40(1), 39. <https://doi.org/10.22146/agritech.48779>
- Rahardja, I. B., Sukarman, & Ramadhan, A. I. (2019). Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil (CPO) Dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS). *Jurnal UMJ*, 3, 1–12.
- Rahman, M. A. (2018). Valorization of harmful algae *E. compressa* for biodiesel production in presence of chicken waste derived catalyst. *Renewable Energy*, 129, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.06.005>
- Rezania, S., Oryani, B., Park, J., Hashemi, B., Yadav, K. K., Kwon, E. E., Hur, J., & Cho, J. (2019). Review on transesterification of non-edible sources for biodiesel production with a focus on economic aspects, fuel properties and by-product applications. *Energy Conversion and Management*, 201(October), 112155. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112155>
- Ridnugrah, N. A., Chaerrudin, A., & Yudistirani, S. A. (1846). *Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Kelor (Moringa oleifera) Sebagai Zat Tambahan Pembuatan Moisturizer*. 1–7.
- Rifkia, V., & Prabowo, I. (2020). Pengaruh Variasi Suhu dan Waktu terhadap Rendemen dan Kadar Total *Flavonoid* pada Ekstraksi Daun *Moringa oleifera* Lam . dengan Metode *Ultrasonik* *The Effect of Temperature and Time of Extraction on the Yield and Total Flavonoid Content of Moringa oleifera L.* 17(02), 387–395.
- Rosari, A. A., & Arsyad, M. (2018). Analisis Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Batuan Karst

- Maros. *Jurnal Sains Dan Pendidikan Fisika*, 13(3), 276–281.
<https://ojs.unm.ac.id/JSdPF/article/view/6199>
- Saa, R. W., Fombang, E. N., Ndjantou, E. B., & Njintang, N. Y. (2019). Treatments and uses of Moringa oleifera seeds in human nutrition: A review. *Food Science and Nutrition*, 7(6), 1911–1919. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1057>
- Suleman, N., & Papatungan, M. (2019). Esterifikasi dan Transesterifikasi Stearin Sawit untuk Pembuatan Biodiesel. *17(1)*, 66–77.
- Susila Arita, Muhammad Rifqi, Tirtasakti Nugoroho, Tuty E. Agustina, & Fitri Hadiah. (2020). Manufacture of biodiesel from palm oil effluent with various sulfuric acid catalysts in the esterification process. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 1–11.
- Turnip, & Kartikasari. (2017). Analisis Perbandingan Pengendalian Persediaan Bahan. *Jurnal of Applied Managerial Accounting, Vol. 1 No.(2)*, 77–99.
- Widyastuti, I., Luthfah, H. Z., Hartono, Y. I., Islamadina, R., Can, A. T., & Rohman, A. (2020). Antioxidant Activity of Temulawak (*Curcuma xanthorrhiza* Roxb.) and its Classification with Chemometrics. *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 02(1), 29. <https://doi.org/10.22146/ijcpa.507>
- Wijaya, H., Novitasari, & Jubaidah, S. (2018). Perbandingan Metode Ekstraksi Terhadap Rendemen Ekstrak Daun Rambui Laut (*Sonneratia caseolaris* L. Engl). *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 4(1), 79–83.
- Zahrani, S., Mauliyah, D., Retno, P., & Ningsih, W. (2017). Zeolit Alam Yang Dimodifikasi Dengan Koh Biodiesel *Production From Rice Bran Oil By Transesterification Using Heterogeneous Catalyst Natural Zeolite Modified With Koh*. 6(1), 12–18.
- Zaki, M., Husin, M.T., H., Alam, P. N., Darmadi, D., Rosnelly, C. M., & Nurhazanah, N. (2019). Transesterifikasi Minyak Biji Buta-Buta menjadi Biodiesel pada Katalis Heterogen Kalsium Oksida (CaO). *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 36–43. <https://doi.org/10.23955/rkl.v14i1.13495>