



**PENGARUH KOMBINASI TULANG HEWAN DAN DAUN PEPAYA SEBAGAI
KATALIS HETEROGEN TERHADAP KUALITAS BIODIESEL MINYAK
KEDELAI**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana strata satu
(S-1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Malang*



Disusun oleh:

Zainul Arifin

21901052098

**PROGRAM STUDI S-1
TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM MALANG
2023**

ABSTRAK

Zainul Arifin. 2023. Pengaruh Kombinasi Tulang Hewan dan Daun Pepaya sebagai Katalis Heterogen terhadap Kualitas Biodiesel Minyak Kedelai. Skripsi. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Malang. Dosen Pembimbing : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T. dan Artono Raharjo, S.T., M.T.

Penggunaan bahan bakar fosil selama ini dapat menimbulkan efek rumah kaca serta mengganggu kesehatan manusia. Biodiesel berperan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dapat diproduksi menggunakan reaksi transesterifikasi. Tulang hewan dan daun pepaya memiliki kandungan CaO yang tinggi sehingga berpotensi menjadi katalis heterogen dalam reaksi transesterifikasi biodiesel alih-alih menggunakan katalis homogen yang bersifat korosif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan katalis dari campuran tulang hewan dan daun pepaya terhadap rendemen, densitas, dan viskositas kinematik hasil biodiesel serta apakah memenuhi SNI 7182:2015. Tulang hewan dan daun pepaya dibersihkan kemudian dipanaskan selama tiga jam menggunakan oven, kemudian dipanaskan di dalam furnace hingga 800°C selama tiga jam untuk mendapatkan senyawa CaO. Bahan biodiesel adalah minyak kedelai murni yang diproses dahulu menggunakan reaksi esterifikasi. Minyak kedelai dipanaskan pada suhu 60°C bersama metanol dengan MTOR 3:1 dalam satuan molar dan katalis asam sulfat sebanyak 3% massa minyak kedelai selama 90 menit. Hasil esterifikasi diproses transesterifikasi dengan cara direaksikan bersama metanol dengan MTOR 12:1 dan katalis CaO dari tulang hewan dan daun pepaya sebanyak 2 wt%, 4 wt%, dan 6 wt% dari massa minyak kedelai. Reaksi menggunakan erlenmeyer tertutup dengan suhu terkontrol sebesar 65°C sambil diaduk selama dua jam. Hasil yang diperoleh menunjukkan rendemen mengalami peningkatan dari sampel dengan 2 wt% katalis sebesar 65,72% menuju 4 wt% katalis sebesar 70,36%, namun rendemen berkurang saat menggunakan 6 wt% katalis menjadi 68,88% akibat kejenuhan dalam reaksi. Rendemen terbaik diperoleh menggunakan 4 wt% katalis dengan nilai densitas dan viskositas kinematik biodiesel yang memenuhi SNI 7182:2015.

Kata Kunci: Biodiesel, Tulang hewan, Daun pepaya, Esterifikasi, Transesterifikasi

ABSTRACT

Zainul Arifin. 2023. *The Effect of Combination of Animal Bones and Papaya Leaves as Heterogeneous Catalysts on the Quality of Soybean Oil Biodiesel. Thesis. Mechanical Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Islamic University of Malang. Supervisor : Dr. Ena Marlina, S.T., M.T. and Artono Raharjo, S.T., M.T.*

The use of fossil fuels so far can cause a greenhouse effect and disrupt human health. Biodiesel acts as a more environmentally friendly alternative that can be produced using a transesterification reaction. Animal bones and papaya leaves contain high CaO so they have the potential to be heterogeneous catalysts in the biodiesel transesterification reaction instead of using a homogeneous catalyst which is corrosive. This study aims to determine the effect of using a catalyst from a mixture of animal bones and papaya leaves on the yield, density and kinematic viscosity of biodiesel yields and whether they comply with SNI 7182:2015. Animal bones and papaya leaves are cleaned and then heated for three hours using an oven, then heated in a furnace up to 800°C for three hours to obtain CaO compounds. The material used for the production of biodiesel is pure soybean oil which is processed first using an esterification reaction. Soybean oil is heated at 60°C with methanol with Methanol to Oil Ratio (MTOR) 3:1 in molar units and sulfuric acid catalyst as much as 3% by mass of soybean oil for 90 minutes. The esterification results were processed by transesterification by reacting with methanol with MTOR 12:1 and CaO catalyst from animal bones and papaya leaves as much as 2 wt%, 4 wt%, and 6 wt% of the mass of soybean oil. The reaction was carried out using a closed Erlenmeyer with a controlled temperature of 65°C while stirring for two hours on a Hotplate Magnetic Stirrer. The results obtained showed that the yield increased from the sample with 2 wt% catalyst of 65.72% to 4 wt% catalyst of 70.36%, but the yield decreased when using 6 wt% catalyst to 68.88% due to saturation in the reaction. The best yield was obtained using 4 wt% catalyst with density and kinematic viscosity values of biodiesel that complied with SNI 7182:2015.

Keywords: Biodiesel, Animal bones, Papaya leaves, Esterification, Transesterification

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Emisi gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar fosil dapat menimbulkan efek rumah kaca bahkan mengganggu kesehatan manusia (Lee *et al.*, 2022). Sumber energi alternatif dibutuhkan sebagai pengganti fosil yang bersih dan berkelanjutan. Biodiesel merupakan alternatif jangka panjang pengganti bahan bakar petroleum seperti solar. Penelitian sebelumnya oleh Shan *et al.* (2018) dan penelitian Alhikami *et al.* (2022) telah membuktikan bahwa biodiesel memiliki banyak keunggulan antara lain *flash point* dan angka setana yang tinggi, hasil CO₂ rendah, dan bebas kandungan sulfur. Biodiesel dapat langsung digunakan pada mesin diesel tanpa perlu memodifikasi mesin aslinya (Thakkar *et al.*, 2021), sehingga biodiesel dapat dijadikan alternatif pengganti solar yang bersumber dari fosil.

Reaksi transesterifikasi adalah suatu proses yang digunakan untuk memproduksi biodiesel dari lemak hewan atau minyak nabati dan alkohol/metanol. Reaksi dapat dipercepat dan dioptimalkan menggunakan katalis agar hasil perubahan minyak nabati ke biodiesel mendapatkan hasil rendemen yang lebih besar. Katalis yang sering digunakan adalah katalis homogen dikarenakan aktifitasnya yang tinggi, harga terjangkau, dan mudah didapatkan seperti NaOH dan KOH (Mazaheri *et al.*, 2021; Shan *et al.*, 2018). Kelemahan transesterifikasi menggunakan katalis homogen adalah menghasilkan kadar air yang tinggi sehingga menurunkan hasil rendemen biodiesel, bersifat korosif, serta berpotensi menjadi sampah tambahan karena tidak dapat digunakan kembali. Alternatif yang dapat digunakan adalah katalis heterogen berbasis sampah organik seperti tulang hewan (Hussain *et al.*, 2021), daun kelor dan cangkang telur (Aleman-Ramirez *et al.*, 2022). Kandungan CaO yang tinggi dalam zat-zat organik seperti tulang hewan, cangkang telur, dan daun kelor berpotensi menjadi katalis heterogen karena alkalinitas atau kebasaannya. Sifat basa pada katalis berperan untuk mengoptimalkan reaksi, menurunkan energi aktivasi, dan mempercepat laju reaksi.

Ugo *et al.* (2019) meneliti kandungan daun pepaya terdapat mikro nutrisi yaitu kalsium yang lebih besar (1,08%) dibandingkan dengan daun kelor (0,33%) (Aleman-Ramirez *et al.*, 2021). Sehingga daun pepaya mungkin memiliki potensi yang lebih besar sebagai katalis heterogen untuk mendapatkan hasil rendemen

biodiesel. Penelitian katalis heterogen menggunakan daun pepaya belum pernah dilakukan, sehingga diperlukan campuran zat organik lain yang telah terbukti efektivitasnya pada penelitian sebelumnya. Keterbaruan dalam penelitian ini adalah kombinasi material komposit dari sampah tulang hewan dan daun pepaya sebagai katalis heterogen untuk meningkatkan kualitas dan rendemen biodiesel yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh kombinasi tulang hewan dan daun pepaya sebagai katalis heterogen terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan kadar 2 wt%, 4 wt %, dan 6 wt %?

1.3 Batasan Masalah

1. Minyak kedelai yang digunakan bersifat murni.
2. Tidak menghitung kadar FFA dan angka asam minyak kedelai.
3. Tidak melakukan uji SEM, EDX, dan XRD terhadap katalis.
4. Tulang hewan yang digunakan terdiri dari campuran tulang ayam, ikan, dan kambing dengan perbandingan acak.
5. Parameter yang dihitung berupa rendemen, densitas, dan viskositas kinematik hasil biodiesel.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pengaruh kombinasi tulang hewan dan daun pepaya sebagai katalis heterogen terhadap kualitas biodiesel minyak kedelai dengan kadar 2 wt%, 4 wt%, dan 6 wt%.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini dapat digunakan sebagai sumber informasi tentang pengolahan sekaligus pengembangan energi alternatif dari minyak kedelai, pengembangan jenis katalis heterogen berbasis sampah, serta bermanfaat sebagai rujukan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

BAB V

PENUTUP

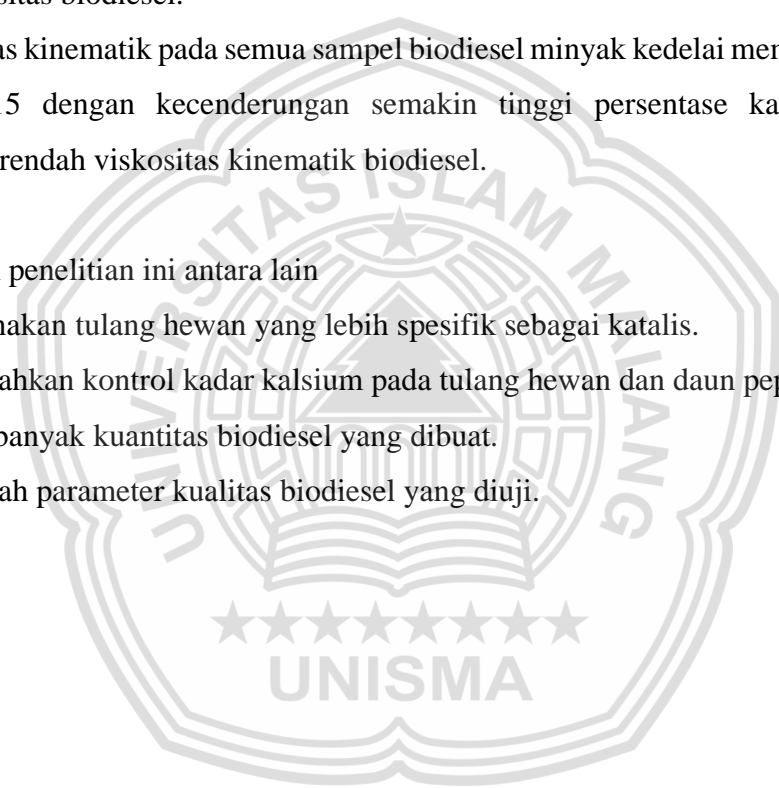
5.1 Kesimpulan

1. Biodiesel minyak kedelai dengan rendemen maksimum dihasilkan menggunakan kadar katalis 4 wt%, sedangkan dengan katalis 6 wt% rendemen mengalami penurunan.
2. Densitas pada semua sampel biodiesel minyak kedelai memenuhi SNI 7182:2015 dengan kecenderungan semakin tinggi persentase katalis maka semakin rendah nilai densitas biodiesel.
3. Viskositas kinematik pada semua sampel biodiesel minyak kedelai memenuhi SNI 7182:2015 dengan kecenderungan semakin tinggi persentase katalis maka semakin rendah viskositas kinematik biodiesel.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian ini antara lain

1. Menggunakan tulang hewan yang lebih spesifik sebagai katalis.
2. Menambahkan kontrol kadar kalsium pada tulang hewan dan daun pepaya.
3. Memperbanyak kuantitas biodiesel yang dibuat.
4. Menambah parameter kualitas biodiesel yang diuji.



DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, F., & Cahyaningrum, S. E. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Hidroksiapatit Dari Tulang Sapi (Bos Taurus) Menggunakan Teknik Kalsinasi. *UNESA Journal of Chemistry*, 9(3), 189-196.
- Aleman-Ramirez, J., Moreira, J., Torres-Arellano, S., Longoria, A., Okoye, P. U., & Sebastian, P. (2021). Preparation of a heterogeneous catalyst from moringa leaves as a sustainable precursor for biodiesel production. *Fuel*, 284, 118983.
- Aleman-Ramirez, J., Okoye, P. U., Torres-Arellano, S., Paraguay-Delgado, F., Mejía-López, M., Moreira, J., & Sebastian, P. (2022). Development of reusable composite eggshell-moringa leaf catalyst for biodiesel production. *Fuel*, 324, 124601.
- Alhikami, A. F., Wang, W.-C., Nugroho, R. A. A., & Hsieh, H.-C. (2022). Experimental studies of soot formation for petro- and renewable diesels [https://doi.org/10.1002/er.8223]. *International Journal of Energy Research*, n/a(n/a). https://doi.org/https://doi.org/10.1002/er.8223
- Altuna, F. I., Hoppe, C. E., & Williams, R. J. J. (2018). Epoxy vitrimers: The effect of transesterification reactions on the network structure. *Polymers*, 10(1), 43.
- Arita, S., Rifqi, M., Nugroho, T., Agustina, T. E., & Hadiah, F. (2020). Pembuatan biodiesel dari limbah cair kelapa sawit dengan variasi katalis asam sulfat pada proses esterifikasi. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(1), 1-11.
- Aura, S. M., & Zainul, R. (2019). Karakterisasi dan Interaksi Molekular Asam Sulfat.
- Baesso, R. M., Costa-Felix, R. P., Miloro, P., & Zeqiri, B. (2019). Ultrasonic parameter measurement as a means of assessing the quality of biodiesel production. *Fuel*, 241, 155-163.
- Baihaqi, R. A., Pratikno, H., & Hadiwidodo, Y. S. (2020). Analisis Sour Corrosion pada Baja ASTM A36 Akibat Pengaruh Asam Sulfat dengan Variasi Temperatur dan Waktu Perendaman di Lingkungan Laut. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), G237-G242.
- Efendi, R., Faiz, H. A. N., & Firdaus, E. R. (2018). Pembuatan Biodiesel Minyak Jelantah Menggunakan Metode Esterifikasitransesterifikasi Berdasarkan Jumlah Pemakaian Minyak Jelantah. Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar,

- Evalina, N. (2020). Analisis Karakteristik Pembangkit Listrik Hot Air Stirling Engine Dengan Bahan Bakar Metanol. *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 89-94.
- Faputri, A. F., & Agustiorini, I. (2019). Optimalisasi Produksi Biodiesel Dari Minyak Kacang Tanah Bekas Pedagang Sate Menggunakan Proses Esterifikasi Dan Transesterifikasi Dengan Perbedaan Konsentrasi Katalis KOH. *Applicable Innovation of Engineering and Science Research (AVoER)*, 528-534.
- Hadiwinata, B., Dewi, F. R., Fransiska, D., & Dharmayanti, N. (2021). OPTIMASI WAKTU DAN SUHU KALSINASI TEPUNG CANGKANG RAJUNGAN (*Portunus sp.*) SEBAGAI BAHAN BAKU HIDROKSIAPATIT The Optimization of Time and Temperature to Calcine The Crab Shell (*Portunus sp.*) Powder as Raw Material of Hydroxyapatite.
- Hadrah, H., Kasman, M., & Sari, F. M. (2018). Analisis minyak jelantah sebagai bahan bakar biodiesel dengan proses transesterifikasi. *Jurnal Daur Lingkungan*, 1(1), 16-21.
- Hananto, Y., & Rosdiana, J. (2023). Penurunan Kadar FFA (Free Fatty Acid) Minyak Jelantah Menggunakan Adsorben Arang Aktif Ampas Tebu Pada Proses Pembuatan Biodiesel. *Journal of Engineering Science and Technology (JESTY)*, 1(1), 8-17.
- Hariyadi, F. (2020). Pengaruh penambahan karbon nano terhadap karakteristik pembakaran droplet minyak kelapa sebagai bahan bakar biodiesel.
- Hussain, F., Alshahrani, S., Abbas, M. M., Khan, H. M., Jamil, A., Yaqoob, H., Soudagar, M. E. M., Imran, M., Ahmad, M., & Munir, M. (2021). Waste animal bones as catalysts for biodiesel production; a mini review. *Catalysts*, 11(5), 630.
- Ibrahim, S. F., Asikin-Mijan, N., Ibrahim, M. L., Abdulkareem-Alsultan, G., Izham, S. M., & Taufiq-Yap, Y. (2020). Sulfonated functionalization of carbon derived corncob residue via hydrothermal synthesis route for esterification of palm fatty acid distillate. *Energy conversion and management*, 210, 112698.
- Kamaronzaman, M. F. F., Kahar, H., Hassan, N., Hanafi, M. F., & Sapawe, N. (2020). Optimization of biodiesel production from waste cooking oil using eggshell catalyst. *Materials Today: Proceedings*, 31, 324-328.
- Khan, Z., Javed, F., Shamair, Z., Hafeez, A., Fazal, T., Aslam, A., Zimmerman, W. B., & Rehman, F. (2021). Current developments in esterification reaction: A review

- on process and parameters. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 103, 80-101.
- Khodadadi, M. R., Malpartida, I., Tsang, C.-W., Lin, C. S. K., & Len, C. (2020). Recent advances on the catalytic conversion of waste cooking oil. *Molecular Catalysis*, 494, 111128.
- Krisnawati, A. (2017). Kedelai sebagai sumber pangan fungsional soybean as source of functional food. *Iptek Tanaman Pangan*, 12(1), 57-65.
- Lagalung, I., Tanijaya, J., & Tonapa, S. R. (2021). Karakteristik Beton Normal Substitusi Agregat Halus Bottom Ash Pada Perendaman Asam Sulfat. *Paulus Civil Engineering Journal*, 3(1), 47-54.
- Lee, J., Sorensen, C., Lemery, J., Workman, C., Linstadt, H., & Bazilian, M. (2022). Managing upstream oil and gas emissions: A public health oriented approach. *Journal of Environmental Management*, 310, 114766.
- Ma, X., Liu, F., Helian, Y., Li, C., Wu, Z., Li, H., Chu, H., Wang, Y., Wang, Y., & Lu, W. (2021). Current application of MOFs based heterogeneous catalysts in catalyzing transesterification/esterification for biodiesel production: A review. *Energy conversion and management*, 229, 113760.
- Maisyarah, A. O., & Anis Shofiyani, R. (2019). SINTESIS CaO DARI CANGKANG KERANG ALE-ALE (Meretrix meretrix) PADA SUHU KALSINASI 900oC. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 8(1).
- Malau, N. D., & Azzahra, S. F. (2020). Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Karakteristik Kristal Cao Dari Limbah Cangkang Kepiting. *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains*, 5(1), 83-92.
- Mannu, A., Garroni, S., Ibanez Porras, J., & Mele, A. (2020). Available technologies and materials for waste cooking oil recycling. *Processes*, 8(3), 366.
- Mardawati, E. (2019). Produksi biodiesel dari minyak kelapa sawit kasar off grade dengan variasi pengaruh asam sulfat pada proses esterifikasi terhadap mutu biodiesel yang dihasilkan. *Jurnal Industri Pertanian*, 1(3).
- Marlina, E., Wijayanti, W., Yuliati, L., & Wardana, I. (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.
- Marpaung, M. P., & Romelan, R. (2019). Analisis jenis dan kadar saponin ekstrak metanol daun kemangi (*ocimum basilicum* l.) dengan menggunakan metode gravimetri. *Jurnal Farmasi Lampung*, 7(2), 343448.

- Masri, A. N., Mutalib, M. A., Yahya, W. Z. N., Aminuddin, N. F., & Leveque, J. M. (2020). Rapid esterification of fatty acid using dicationic acidic ionic liquid catalyst via ultrasonic-assisted method. *Ultrasonics sonochemistry*, *60*, 104732.
- Mazaheri, H., Ong, H. C., Amini, Z., Masjuki, H. H., Mofijur, M., Su, C. H., Anjum Badruddin, I., & Khan, T. Y. (2021). An overview of biodiesel production via calcium oxide based catalysts: Current state and perspective. *Energies*, *14*(13), 3950.
- Megawati, E., Pratama, A. H., Warsa, I. K., Putra, A. O. P., Effendi, N., & Yuniarti, Y. (2022). Optimasi volume katalis H₂SO₄ dan waktu proses esterifikasi pada tahapan proses biodisel. *Jurnal Teknik Kimia*, *28*(1), 37-43.
- Metanol, K. P. KONSUMSI BAHAN BAKAR DAN EMISI GAS BUANG MESIN MOTOR 100CC BERBAHAN BAKAR PREMIUM DAN METANOL.
- Moazeni, F., Chen, Y.-C., & Zhang, G. (2019). Enzymatic transesterification for biodiesel production from used cooking oil, a review. *Journal of cleaner production*, *216*, 117-128.
- Mofijur, M., Siddiki, S. Y. A., Shuvho, M. B. A., Djavanroodi, F., Fattah, I. R., Ong, H. C., Chowdhury, M., & Mahlia, T. (2021). Effect of nanocatalysts on the transesterification reaction of first, second and third generation biodiesel sources- A mini-review. *Chemosphere*, *270*, 128642.
- Oko, S., Mustafa, M., Kurniawan, A., & Willain, D. (2021). Sintesis Biodiesel Dari Minyak Kedelai Melalui Reaksi Transesterifikasi Dengan Katalis CaO/NaOH. *Jurnal Teknologi*, *13*(1), 1-6.
- Putri, P. C. E., & Supriyo, E. (2020). Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit menggunakan Katalis Kalsium Oksida (CaO) menjadi Biodiesel. *METANA*, *16*(2), 75-80.
- Rahardja, I. B., Sukarman, S., & Ramadhan, A. I. (2019). Analisis Kalori Biodiesel Crude Palm Oil (CPO) dengan Katalis Abu Tandan Kosong Kelapa Sawit (ATKKS). *Prosiding Semnastek*.
- Rifal, M., & Sinaga, N. (2018). Kaji Eksperimental Rasio Metanol-Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang, Torsi Dan Daya. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, *1*(1), 47-54.
- Salmahaminati, S., & Yudandhiss, C. D. R. (2022). Jaminan Mutu pada Pengujian Pour Point ASTM D-97, Flash Point PMcc ASTM D-93 dan Viskositas Kinematik

- ASTM D-445 di Laboratorium Minyak Bumi PPSDM Migas Cepu. *INDONESIAN JOURNAL OF CHEMICAL RESEARCH (IJCR)*, 17-26.
- Scrivener, K., Martirena, F., Bishnoi, S., & Maity, S. (2018). Calcined clay limestone cements (LC3). *Cement and Concrete Research*, 114, 49-56.
- Shan, R., Lu, L., Shi, Y., Yuan, H., & Shi, J. (2018). Catalysts from renewable resources for biodiesel production. *Energy conversion and management*, 178, 277-289.
- Supriyanto, S., Ismanto, I., & Suwito, N. (2019). Zeolit Alam Sebagai Katalis Pyrolisis Limbah Ban Bekas Menjadi Bahan Bakar Cair. *Automotive Experiences*, 2(1), 15-21.
- Surahmaida, S., & Umarudin, U. (2019). Studi Fitokimia Ekstrak Daun Kemangi Dan Daun Kumis Kucing Menggunakan Pelarut Metanol. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 3(1), 1-6.
- Tan, Y. H., Abdullah, M. O., Kandedo, J., Mubarak, N. M., San Chan, Y., & Nolasco-Hipolito, C. (2019). Biodiesel production from used cooking oil using green solid catalyst derived from calcined fusion waste chicken and fish bones. *Renewable energy*, 139, 696-706.
- Thakkar, K., Kachhwaha, S. S., Kodgire, P., & Srinivasan, S. (2021). Combustion investigation of ternary blend mixture of biodiesel/n-butanol/diesel: CI engine performance and emission control. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110468.
- Ugo, N. J., Ade, A. R., & Joy, A. T. (2019). Nutrient composition of Carica papaya leaves extracts. *Journal of Food Science and Nutrition Research*, 2(3), 274-282.
- Utami, S., Panjaitan, S. B., & Musthofhah, Y. (2020). Pematahan dormansi biji sirsak dengan berbagai konsentrasi asam sulfat dan lama perendaman giberelin. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 23(1), 42-45.
- Valentina, A., Herawati, M. M., & Agus, Y. H. (2020). Pengaruh asam sulfat sebagai bahan koagulan lateks terhadap karakteristik karet dan mutu karet. *Jurnal Penelitian Karet*, 85-94.
- Wulancahayani, E., & Rohmawati, L. (2020). ANALISIS UKURAN KRISTALIN SERBUK CaCO_3/MgO HASIL KALSINASI DOLOMIT. *Inovasi Fisika Indonesia*, 9(2).