

Pengaruh Variasi Komposisi Zeolit Alam Terhadap Hasil Pirolisis Plastik Campuran Polypropylene Dan Polyethylene Terephthalate

Muhammad Zaenuri ¹, Kosjoko ², Nely Ana Mufarida ³

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Jember
Email: nelyana@unmuhjember.ac.id

Abstract: *In this study, the aim was to investigate the influence of variations in natural zeolite composition on the pyrolysis outcomes of a mixture of polypropylene (PP) and polyethylene terephthalate (PET) plastics. With a focus on the escalating usage of single-use plastics, this research employed pyrolysis technology to convert plastic waste into fuel oil. Natural zeolite was introduced as a catalyst in pyrolysis, with percentage variations of 5%, 10%, and 15%. Experiments involved heating the plastic mixture in a reactor for 2 to 3 hours, followed by measuring the oil volume from the pyrolysis process. Additionally, analysis of synthetic compound content was carried out using Chromatography-Mass Spectrometry (GCMS). The findings indicated that the addition of natural zeolite had an impact on the quality of pyrolysis outcomes. Higher zeolite percentages resulted in clearer fuel colors resembling premium fuels. Moreover, pyrolysis duration was influenced by zeolite addition, with shorter times observed as zeolite percentages increased. GCMS analysis revealed that variations in zeolite composition affected the quantity of synthetic compound components produced. In conclusion, this study underscores the potential of natural zeolite as a catalyst in the pyrolysis process of mixed PP and PET plastics. The incorporation of zeolite enhances the quality of pyrolysis fuel, offering positive implications for reducing plastic waste impact and obtaining alternative energy sources. Nevertheless, further research is warranted to gain a more detailed understanding of zeolite effects and to comprehensively optimize the pyrolysis process.*

Keywords: *pyrolysis, zeolite, plastic*

Abstrak: Pada penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi pengaruh dari variasi komposisi zeolit alam terhadap hasil pirolisis campuran plastik polypropylene (PP) dan polyethylene terephthalate (PET). Dengan bertumpu pada masalah meningkatnya penggunaan plastik sekali pakai, penelitian ini menerapkan teknologi pirolisis untuk mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. Zeolit alam ditambahkan sebagai katalis dalam pirolisis dengan persentase variasi 5%, 10%, dan 15%. Eksperimen dilakukan dengan memanaskan campuran plastik dalam reaktor selama 2 hingga 3 jam, kemudian hasil pirolisis diukur volume minyaknya. Selain itu, analisis kandungan senyawa sintetik dilakukan menggunakan alat GCMS (Chromatography-Mass Spectrometry). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan zeolit alam memiliki dampak pada kualitas hasil pirolisis. Semakin tinggi persentase zeolit, semakin jernih warna bahan bakar yang dihasilkan, menyerupai bahan bakar premium. Selain itu, waktu pirolisis juga dipengaruhi oleh penambahan zeolit, dengan waktu yang semakin singkat seiring peningkatan persentase zeolit. Analisis menggunakan (GCMS) mengungkapkan bahwa variasi komposisi zeolit berpengaruh pada jumlah zat senyawa komponen sintetik yang dihasilkan. Kesimpulannya, penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit alam memiliki potensi sebagai katalis dalam proses pirolisis plastik campuran PP dan PET. Penambahan zeolit dapat meningkatkan kualitas bahan bakar hasil pirolisis, yang dapat memiliki implikasi positif dalam upaya mengurangi dampak sampah plastik dan mendapatkan sumber energi alternatif. Meskipun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek zeolit secara lebih rinci serta untuk mengoptimalkan proses pirolisis secara menyeluruh.

Kata Kunci: pirolisis, zeolit, plastik

I. PENDAHULUAN

Saat ini pengolahan sampah yang tepat diperlukan untuk mendukung aktivitas kehidupan yang sebagaimana pemanfaatan limbah menjadi sesuatu yang lebih bernilai, dari zaman ke zaman selalu berkembang menciptakan pengaruh besar kepada sumber daya alam di seluruh dunia[1]. Plastik merupakan bahan kemasan utama saat ini, dan sampah plastik sangat banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Namun plastik pada umumnya digunakan hanya sekali pakai seperti kemasan plastik, botol plastik dan lain-lain. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia menyebabkan kebutuhan plastik untuk keperluan sehari-hari juga ikut meningkat[2]. Plastik yang sering di gunakan dan sekali pakai adalah PP dan PET yang pada umumnya memiliki karakter yang sangat fleksibel dan tembus pandang [3]. Sedangkan PP memiliki karakter Semakin banyaknyasampah plastik yang dihasilkan maka perlu dilakukan pengolahan terhadap sampah plastik tersebut[4]. Insinerasi adalah teknologi pengolahan sampah dengan cara pembakaran zat organik dalam material sampah.

Insinerator mengkonversi materi sampah menjadi energi panas, flue gas, dan ash yang kemudian dilepaskan ke atmosfer. Flue gas yang dihasilkan oleh insinerator mengandung nitrogen, karbon dioksida, dan sulfur dioksida, yang masing-masing memiliki fungsinya tersendiri apabila digunakan secara optimal. [5].

Gas yang dihasilkan dari pirolisis adalah H₂, CO dan CO₂ dan dapat digunakan sebagai pembawa energi. Optimasi proses pirolisis dapat dilakukan pada temperatur dan waktu sehingga lebih ekonomis dan ramah lingkungan [6] Zeolit merupakan salah satu adsorben elektif yang memiliki kapasitas adsorpsi tinggi karena memiliki banyak pori dan memiliki batas perdagangan kation yang tinggi serta dapat diaplikasikan pada rentang temperatur yang luas sehingga sangat tepat untuk dimanfaatkan sebagai adsorben. [7]. Salah satu kelebihan zeolit adalah memiliki luas permukaan dan porositas yang tidak sulit diatur [8]. Dari proses insinerasi dapat digabungkan dengan proses pirolisis untuk menghasilkan bahan bakar minyak dari proses insinerasi tersebut. *Pirolisis* adalah suatu sistem pemanasan, dimana teknologi ini digunakan untuk mengkonversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak

II. METODE PENELITIAN

Pada Penelitian ini dilaksanakan di beberapa tempat yaitu pembuatan minyak di DLH (Dinas Lingkungan Hidup) Pakusari Jember pada tanggal 2 Januari 2023, Kemudian tahap selanjutnya melakukan tahap uji kandungan sintetis dilakukan di Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember pada tanggal 15 Januari 2023. Pemeriksaan yang digunakan diingat untuk jenis penelitian percobaan. Strategi eksplorasi dilakukan secara terkendali dan merupakan teknik pemeriksaan yang digunakan untuk menelusuri dampak obat tertentu. Pada Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat yaitu DLH Pakusari dan Laboratorium Biosains Politeknik Negeri Jember. Pemeriksaan yang digunakan diingat untuk jenis penelitian percobaan. Strategi eksplorasi dilakukan secara terkendali dan merupakan teknik pemeriksaan yang digunakan untuk menelusuri dampak obat tertentu.

Pemeriksaan ini diarahkan dalam beberapa tahapan, yang pertama yaitu persiapan alat dan bahan Pada tahap ini kami menyiapkan bahan baku plastik polypropylene (PP) dan polyethylene tharapthalate (PET) yang didapat dari pengumpulan sampah plastic di bank sampah. Plastik tersebut dibersihkan terlebih dahulu, dicuci, dikeringkan kemudian di potong kecil dengan ukuran $\pm 3 \times 3$ cm untuk memperbesar luas permukaan kontak antara plastik dengan zeolit.

Plastik selanjutnya ditimbang seberat 5kg yang di kombinasikan dengan zeolite alam yang telah dihaluskan dengan ukuran 100 mesh dengan variasi zeolite 250gr, 500gr, 750gr dan kemudian masukkan kedalam tabung reactor. Lubang pengisian sampah plastik selanjutnya di tutup rapat dan dilem dengan lem red agar tidak terjadi kebocoran.

Proses pirolisis dilakukan kisaran 2 sampai 3 jam sampai minyak pirolisis keluar dari kondensor kemudian kitakita letakkan dalam botol dan saring terlebih dahulu agar terpisah dari ampas atau kotoran lalu kita ukur berapa ml hasil minyak dari pirolisis yang kita dapatkan Setelah mendapatkan minyak yang kita inginkan tahap selanjutnya yaitu cek kandungan sintetis dengan alat GCMS(*Chromatography-Mass Spectrometry*)



Gambar 1. Alat Incinerator



Gambar 2. Alat (*Chromatography Mass Spectrometry*)

Pada gambar 1 menunjukkan alat yang di gunakan untuk pirolisis yaitu alat insinerator terlihat ada dua tabung yang saling terhubung yang memiliki fungsi yang berbeda tabung 1 berfungsi untuk ruang pembakaran sedangkan tabung yang ke 2 berfungsi untuk pendingin

Sedangkan pada gambar 2 terlihat yaitu alat yang di gunakan untuk uji kandungan sintetis GCMS(*Chromatography Mass Spectrometry*) yang bertempat di lab.: Laboratorium Biosain Politeknik Negeri Jember.

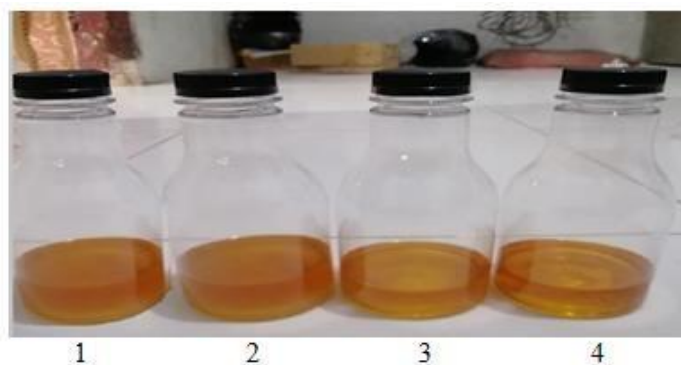
III. HASIL DAN PEMABAHASAN

Berdasarkan dari hasil yang di dapatkan dalam penelitian ini, penulis akan menjelaskan beberahapa hasil yang telah diproses Yang pertama yaitu waktu hasil dari pirolisis sampah campuran PP dan PET murni dan yang dipadukan dengan katalis tambahan yaitu zeolite.

Tabel 1. Waktu Pengujian Dan Hasil Pembuatan Bahan Bakar Plastik

No	Massa (Kg)	T-1 (menit)	T-2 (Menit)	Suhu (□C)	Hasil (ml)	keterangan
1	5	138	176	300	200	murni
2	5	122	142	300	200	Zeolite 5%
3	5	86	93	300	200	Zeolite 10%
4	5	73	82	300	200	Zeolite 15%

Waktu yang di dapatkan pada hasil interaksi pirolisis campuran sampah plastic yaitu untuk bahan bakar PET dan PP murni membutuhkan waktu 176 menit, kemudian tambahan zeolite 5% membutuhkan 142 menit, tambahan zeolite 10% 93 menit, dan untuk campuran 15% membutuhkan waktu 82 menit.



Gambar 3. Minyak hasil pirolisis

Dalam eksperimen ini, campuran sampah plastik Polyethylene terephthalate (PET) dan polypropylene (PP) murni disublimasi melalui pirolisis dengan tambahan zeolite pada berbagai persentase.

Sample 1: Campuran 5 kg plastik PET dan PP murni

Warna bahan bakar: Kuning agak jernih seperti bahan bakar biosolar. Sample 2: Campuran 5 kg plastik PET dan PP + 5% zeolite

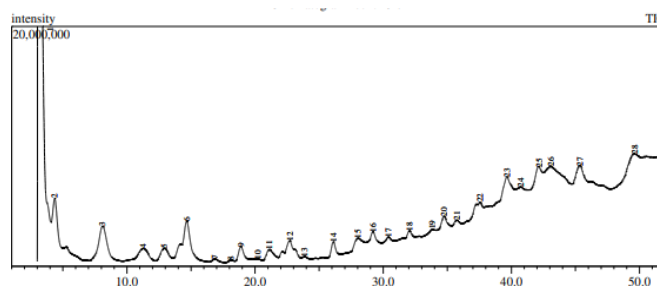
Warna bahan bakar: Mirip dengan Sample 1, tapi lebih jernih. Sample 3: Campuran 5 kg plastik PET dan PP + 10% zeolite

Warna bahan bakar: kuning lebih jernih dibandingkan dengan Sample 1 dan 2. Sample 4: Campuran 5 kg plastik PET dan PP + 15% zeolite

Warna bahan bakar: Terlihat lebih jernih, menyerupai bahan bakar premium.

Pengamatan warna bahan bakar hasil pirolisis menunjukkan bahwa penambahan zeolite dalam campuran plastik PET dan PP murni memiliki efek positif terhadap kualitas bahan bakar yang dihasilkan. Semakin tinggi persentase zeolite, semakin jernih warna bahan bakarnya.

Hal ini mengindikasikan bahwa zeolite mungkin memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas bahan bakar hasil pirolisis dengan mengurangi kontaminasi dan menghasilkan bahan bakar yang lebih bersih dan lebih mirip dengan bahan bakar premium. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek zeolite secara menyeluruh pada sifat-sifat bahan bakar yang dihasilkan, serta untuk mengevaluasi potensi penggunaannya secara lebih mendalam. Berikut adalah gambar dari hasil dari uji alat GCMS:

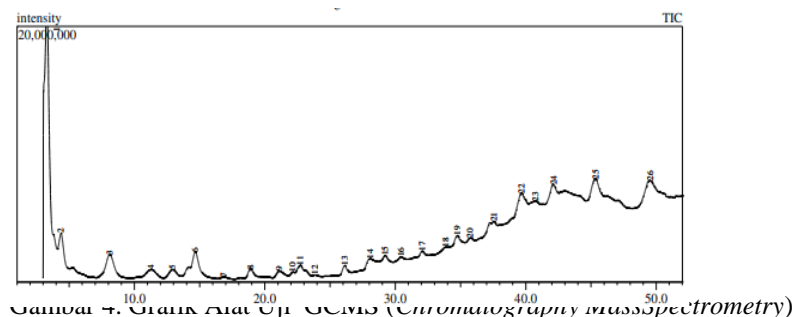


Gambar 4. Grafik Alat Uji GCMS (*Chromatography Mass Spectrometry*)

1. PET + PP MURNI

Hasil pengujian zat senyawa pada alat GCMS mendapatkan data sebagai berikut: untuk sampah campuran PET dan PP murni, didapatkan 28 zat senyawa komponen sintetik. Setelah dilakukan uji kandungan sintetik berikut adalah data yang muncul:

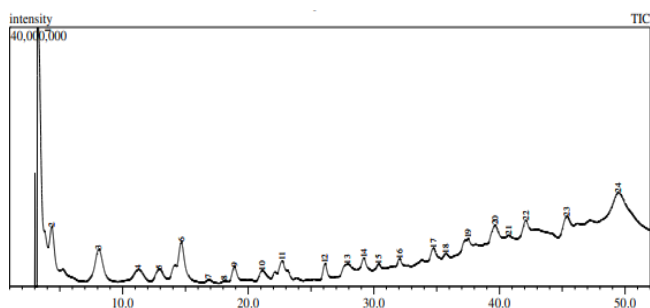
1,1'-[ethylidenebis(oxy)]bisbutane, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis(benzene), 1,5-diethyl-2,3-dimethylcyclohexane, 1-Heptene, 5-methyl-, 1-Hexacosanol, 1-Octanol, 2-butyl-, 1-Nonadecene, 1-Pentacontanol(N-PENTACONTAN), 1-Tridecanol, 2,2'-[1,4, butanediylbis(oxyethylene)]bis(oxirane), 2,2-dimethyl-2-octene (E), 7-Trimethyl-2-octene (CAS), 2,3,7-Trimethyl-2-octene (CAS), 2-Butyl-1-octanol, 2-Octene, 2,3,7-trimethyl-, 2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [RR (E)], 53-Decene, 2,2-dimethyl-, (E) (CAS) trans-2, 5-Eicosene, (E), 5-Eicosene, (E), 1,5-diethyl-2,3-dimethyl, Cyclohexanol, 3-methyl-2-(1-methylethyl)-, Diisodecyl ether, Dodecane, 2-cyclohexyl-, n-Tridec-1-ene, Oxirane, 2,2'-[1,4-butanediylbis(oxyethylene)], trans-7-tetradecene. Benzene, 1,1-(1,3-propanediyl)bis(benzene), Benzoic acid.

Gambar 3. Grafik Alat Uji GCMS (*Chromatography massSpectrometry*)

2. Campuran Zeolit 5%

Hasil pengujian zat senyawa pada alat GCMS mendapatkan data sebagai berikut: untuksampah campuran PET dan PP murni, didapatkan 26 zat senyawa komponen sintetik. Setelah dilakukan uji kandungan sintetik berikut adalah data yang muncul:

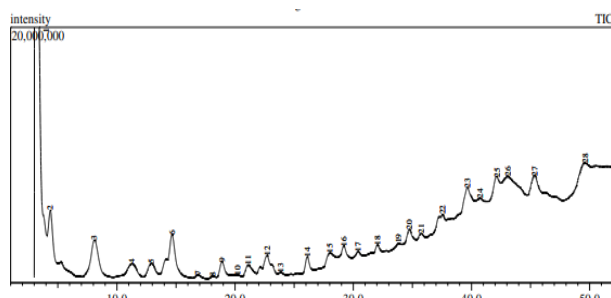
Butane, 1,1'-[ethylidenebis(oxy)]bis- (CAS), CYCLODOCOSANE, ETHYL-, Dodecane 3- cyclohexyl-, 3-cyclohexyl- (CAS), Octanol, 2-butyl- (CAS) 2-Butyl-1-octanol, 1-Hydroxyisopropyl- 1,3-dimethyl, PHOSPHAN, JODOMENTHYLPHENYL-, Benzene, 1,1-(1,3-propanediyl)bis- (CAS) 1, Tridecanol, 1-Tridecanol, 1-Pentacontanol (CAS) N-PENTACONTAN, N-Pentacontan, 1,5- Heptadien-4-one, 3,3,6-trimethyl- (CAS), 1-Octanol, 2-butyl- (CAS) 2-Butyl-1-octanol, Acenaphthylene, 1,2-dihydro- (CAS) Acenap, Trans-7-tetradecene, 1-Heptene, 5-methyl- (CAS) 5- Methyl-1-heptene, 3-Decene, 2,2-dimethyl-, (E)- (CAS) trans-2, 2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [RR- (E)]- (C), 3-Octene, 2,2-dimethyl-, 1-Nonadecene, Benzoic acid, 5-Eicosene, (E)-, 1,1-(1,3- propanediyl)bis-Benzene (CAS) 1, 1,5-diethyl-2,3-dimethyl-(CAS) Cyclohexane, 1-Pentacontanol (CAS) N-PENTACONTAN.

Gambar 4. Grafik Alat Uji GCMS (*Chromatography MassSpectrometry*)

3. Campuran Zeolit 10%

Hasil pengujian zat senyawa pada alat GCMS mendapatkan data sebagai berikut: untuksampah campuran PET dan PP murni, didapatkan 24 zat senyawa komponen sintetik. Setelah dilakukan uji kandungan sintetik berikut adalah data yang muncul:

1-Biphenyl (CAS) Biphenyl, 1-Pentacontanol (CAS) N-PENTACONTAN, 1-Tridecanol, 1,1-(1,3-propanediyl)bis- (CAS) 1., 1-Decanol, 2-methyl-, 1-Decanol, 2-methyl-, 1-Hydroxyisopropyl-2,3-dimethyl, 1-Nonadecene, 1-Nonanol, 4,8-dimethyl- (CAS) 4,8-Dimeth, 1-Octanol, 2-butyl- (CAS) 2-Butyl-1-octanol, 1-Pentacontanol (CAS) N-PENTACONTAN, 1-Tridecene (CAS) n-Tridec-1-ene, 2-Butyl-1-octanol, 2-Octene, 2,3,7-trimethyl- (CAS) 2,3,7-Trim, 2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [R* R*-(E)]-, 3-Decene, 2,2-dimethyl-, (E)- (CAS) trans-2, 3-Methyl-2-(1-methylethyl)-cyclohexanol, 5-Eicosene, 5-Methyl-1-heptene, (CAS) 5-Methyl-1-heptene, 11-Benzyloxy-3,6,9-trioxaundecan-1-ol, Benzene, (2-decyldodecyl)- (CAS) 11-Benzy, Benzene, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis-, Benzoic acid, Butane, 1,1'-(ethylidenebis(oxy))bis-



Gambar 4. Grafik Alat Uji GCMS (*Chromatography MassSpectrometry*)

4. Campuran Zeolit 15%

Hasil pengujian zat senyawa pada alat GCMS mendapatkan data sebagai berikut: untuksampah campuran PET dan PP murni, didapatkan 28 zat senyawa komponen sintetik. Setelah dilakukan uji kandungan sintetik berikut adalah data yang muncul:

1,1'-[ethylidenebis(oxy)]bisbutane, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis(benzene), 1,5-diethyl-2,3-dimethylcyclohexane, 1-Heptene, 5-methyl-, 1-Hexacosanol 1-Octanol, 2-butyl-, 1-Nonadecene, 1-Pentacontanol(N-PENTACONTAN), 1-Tridecanol, 2,2'-[1,4-butanediylbis(oxymethylene)]bis(oxirane), 2,2-dimethyl-2-octene (E), 7-Trimethyl-2-octene (CAS), 2,3,7-Trimethyl-2-octene (CAS), 2-Butyl-1-octanol, 2-Octene, 2,3,7-trimethyl-, 2-Undecene, 4,5-dimethyl-, [RR (E)], 53-Decene, 2,2-dimethyl-, (E) (CAS) trans-2, 5-Eicosene, (E), 5-Eicosene, (E), Benzene, 1,1'-(1,3-propanediyl)bis(benzene), Benzoic acid, Cyclohexane, 1,5-diethyl-2,3-dimethyl, Cyclohexanol, 3-methyl-2-(1-methylethyl)-, Diisodecyl ether, Dodecane, 2-cyclohexyl-, n-Tridec-1-ene, Oxirane, 2,2'-[1,4-butanediylbis(oxymethylene)], trans-7-tetradecene.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah di selesaikan oleh penulis maka, penelitian ini menunjukkan bahwa zeolit alam memiliki potensi sebagai katalis dalam proses pirolisis plastik campuran PP dan PET. Penambahan zeolit dapat meningkatkan kualitas bahan bakar hasil pirolisis, yang dapat memiliki implikasi positif dalam upaya mengurangi dampak sampah plastik dan mendapatkan sumber energi alternatif. Meskipun demikian, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memahami efek zeolit secara lebih rinci serta untuk mengoptimalkan proses pirolisis secara keseluruhan.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Taufiqurrohman and M. Yusuf, "Jurnal MENTARI : Manajemen Pendidikan dan Teknologi Informasi Pemanfaatan Energi Terbarukan dalam Pengolahan Daur Ulang Limbah," vol. 1, no. 1, pp. 46–57, 2022.
- [2] A. Jupri, B. R. Prabowo, Aprilianti, Anang Juaniardi, and D. Unnida, "Pengelolaan Limbah Sampah Plastik Dengan Menggunakan Metode Ecobrick di Desa Pesanggrahan," *Pros. ...*, vol. 1, no. September, pp. 341–347, 2019, [Online]. Available: <http://jurnal.lppm.unram.ac.id/index.php/prosidingpepadu/article/view/53%0Ahttps://jurnal.lppm.unram.ac.id/index.php/prosidingpepadu/article/view/53/53>
- [3] Sawit, "Pengaruh Suhu Dan Waktu Proses Evaporasi (Pemisahan) Pada Teknologi Pirolisis Pembentukan Bio-Oil Berbasis Limbah Tankos Hasil Pengolahan Pabrik Kelapa Sawit Pt. Limpah Mill," *TeknoL. PANGAN Media Inf. dan Komun. Ilm. TeknoL. Pertan.*, vol. 9, no. 2, pp. 150–156, 2018, doi: 10.35891/tp.v9i2.1194.
- [4] Ardiansyah, "Analisis Sifat Fisika dan Nilai Keekonomian Minyak Goreng Bekas Menjadi Biodiesel Dengan Metode Transesterifikasi," *al-Kimiya*, vol. 9, no. 1, pp. 48–54, 2022, doi: 10.15575/ak.v9i1.17962.

- [5] A. J. Rudend and J. Hermana, “Kajian Pembakaran Sampah Plastik Jenis Polipropilena (PP) Menggunakan Insinerator,” *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55410.
- [6] A. Aswan *et al.*, “Conversion of Ldpe Plastic Waste To Liquid Fuel Using Aluminium Oxide and Zeolite Catalysts in the Multistage Separator,” *J. Kinet.*, vol. 12, no. 02, pp. 51–57, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/kimia/index>
- [7] Hermanto, M. Hairul Bahri, and A. P. Fathonisyam, “Pirolisis Limbah Plastik Polypropylene Dengan Tambahan Zeolit Alam Pyrolysis of Polypropylene Plastic Waste With Additional Natural Zeolite,” *J. Smart Teknol.*, vol. 3, no. 2, pp. 2774–1702, 2022, [Online]. Available: <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JST>
- [8] C. C. PUTRI, “Pemanfaatan Zeolit Alam Lampung Sebagai Katalis Pendukung Pada Reaksi Transesterifikasi Minyak Kelapa Sawit Menjadi Biodiesel,” 2018, [Online]. Available: <http://digilib.unila.ac.id/id/eprint/33205>