E-ISSN: 2964-6723

JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
Homepage: https://jurnal.alungcipta.com/index.php/JIM
Vol. 3 No. 2, Juni 2024
Doi:



Analisis Nilai Ekonomi Usaha Penjualan Kerosen Hasil Pirolisis Sampah Plastik dengan Katalis Zeolit Alam Ende

Gregorio Antonny Bani
Universitas Aryasatya Deo Muri
Email : greg.antonny@yahoo.com

Abstrak

Sampah merupakan barang yang sudah dianggap tidak berguna, sehingga metode pirolisis untuk mengubah sampah plastik menjadi hidrokarbon cair dapat dimanfaatkan. Masalah yang paling umum dalam mengembangkan metode pirolisis adalah membutuhkan katalis, seperti zeolit yang ketersediaannya sangat melimpah di Kabupaten Ende Provinsi Nusa Tenggara Timur. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ekonomi yang diperoleh apabila hendak memanfaatkan metode pirolisis dalam mengatasi permasalahan penumpukan sampah, sekaligus menjadikannya bidang usaha sendiri. Penelitian dilakukan melakukan analisis nilai ekonomi minyak berdasarkan jumlah biaya tetap dan tidak tetap, lalu membandingkannya dengan keuntungan yang dapat diperoleh. Berdasarkan hasil penelitian, maka disimpulkan bahwa usaha minyak tanah dari minyak pirolisis dapat dijadikan usaha yang menjanjikan yang juga bermanfaat bagi perlindungan ekosistem dari bahaya sampah plastik.

Kata kunci: Kerosen, Plastik, Pirolisis, Sampah, Zeolit

Abstract

Garbage is considered a useless item, so the pyrolysis method to convert plastic waste into liquid hydrocarbons can be utilized. The most common problem in developing the pyrolysis method is the need for catalysts, such as zeolite, which is abundantly available in Ende Regency, East Nusa Tenggara Province. Therefore, this research was conducted to determine the economic value that can be obtained if the pyrolysis method is used to address the problem of waste accumulation while also turning it into a business venture. The research was carried out by analyzing the economic value of the oil based on fixed and variable costs, then comparing it with the potential profits. Based on the research results, it is concluded that the kerosene business from pyrolysis oil can be a promising venture that also benefits ecosystem protection from the dangers of plastic waste.

Keywords: *Kerosene, Catalyst, Pyrolysis, Waste, Zeolite.*

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil sampah terbesar di dunia (Rahmawati et al., 2021). Jumlah penumpukan sampah yang terus meningkat tersebut, terjadi beriringan dengan peningkatan jumlah penduduk (Sakti et al., 2021). Penumpukan dari sampah yang paling berdampak negatif terhadap lingkungan adalah sampah plastik, karena plastik merupakan molekul yang memiliki rantai ikatan kimia yang sangat kompleks, sehingga sulit untuk diuraikan oleh organisme pengurai (Murtaza et al., 2016). Akibatnya, sampah plastik kemudian mulai mencemari tanah dan yang lebih parah saat ini adalah telah mencemari ekosistem perairan air tawar hingga air laut (Murtaza et al., 2016).

Terdapat berbagai macam metode yang telah dikembangkan dalam mengatasi penumpukan sampah plastik, seperti daur ulang, tetapi belum cukup untuk mengatasi permasalahan tersebut (Huang et al., 2022). Negara-negara besar pada umumnya menggunakan metode open dump dan landfill (Kibria et al., 2023). Karena keterbatasan lahan, maka metode yang dianggap paling cepat mengatasi sampah plastik yang menumpuk di Indonesia adalah dengan cara pembakaran langsung (Chaerul & Allia, 2020). Metode pembakaran langsung sangat berbahaya karena menimbulkan masalah baru, yaitu pencemaran udara (Verma et al., 2016).

Sampah merupakan barang yang sudah dianggap tidak berguna, sehingga sering dibuang begitu saja ke tempat penampungan sampah (Karasik et al., 2023). Penumpukan sampah plastik terjadi karena pada umumnya masyarakat menganggap plastik tidak memiliki nilai ekonomis lain (Traven & Široka, 2023). Di sisi lain, telah dikembangkan metode pirolisis untuk mengubah sampah plastik menjadi hidrokarbon cair yang dengan pengolahan sederhana dapat diubah menjadi bahan bakar seperti minyak tanah, bensin, solar dan jenis bahan bakar lainnya (Armenise et al., 2021). Masalah yang paling umum dalam mengembangkan metode pirolisis adalah kebutuhan energi yang sangat besar, sehingga untuk mengatasinya adalah dengan menggunakan katalis heterogen seperti zeolit (Dick et al., 2020).

Indonesia merupakan negara yang memiliki cadangan mineral zeolit di alam yang sangat melimpah (Harahap et al., 2015), sehingga dapat dimanfaatkan sebagai katalis yang murah dan mudah diperoleh di pasaran (Nizami et al., 2016). Di kabupaten Ende Provinsi Nusa Tenggara Timur, pemanfaatan batu zeolit juga belum maksimal karena umumnya hanya dijadikan batu hias biasa untuk halaman rumah(Ende, 2005).

Zeolit merupakan suatu kristalin yang memiliki situs asam, luas permukaan yang luas, pori-pori di dalam kerangkanya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai katalis (Dziedzicka et al., 2016). Dengan pertimbangan tingginya jumlah timbulan sampah dan besarnya manfaat zeolit alam Ende untuk dapat digunakan sebagai katalis murah dalam proses pirolisis sampah menjadi bahan bakar seperti minyak tanah (Bani & Bani, 2024). Maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai ekonomi usaha penjualan kerosen agar masyarakat umum dapat memanfaatkan metode pirolisis dalam mengatasi permasalahan penumpukan sampah, sekaligus menjadikannya bidang usaha sendiri.

KAJIAN PUSTAKA

Pirolisis merupakan salah satu metode yang dapat dipilih untuk meminimalisir sampah. Proses ini akan mengubah sampah (organik dan anorganik) menjadi hidrokarbon cair yang dapat diubah menjadi fraksi minyak tanah, bensin dan bahan kimia lain sebagai sumber energi. Permasalahan utama dalam pirolisis adalah besarnya kebutuhan energi untuk menghasilkan kalor/ panas yang cukup. Hal ini dapat diatasi dengan menggunakan katalis, seperti batu zeolit dari kabupaten Ende

Zeolit alam Ende merupakan mineral mordenit dengan campuran klinoptilolit dan kuarsa yang ditemukan dalam bentuk batuan laut, sehingga dipastikan terdapat banyak pengotor dari logam alkali dan alkali tanah (Bani, 2023). Hasil analisis mengenai karakteristik zeolit alam Ende sebelum dan sesudah aktivasi disajikan pada Tabel 1 (Bani & Bani, 2024).

Tabel 1. Karakteristik Zeolit Alam Ende dan H-Zeolit Alam Ende

Padatan	Luas Permukaan (m3/g)	Volume Pori (Å)	Jejari Pori (cc/g)	Keasaman Total NH3/g zeolit
ZAE	33.17	13.96	42	1.456
ZAAE	64.21	19.12	62.3	3.423

Keterangan:
ZAE = Zeolit alam Ende
ZAAE = Zeolit alam aktif Ende

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
ISSN: 2964-6723 (Online)

Interaksi antara suhu dan katalis dalam mempercepat waktu pirolisis, menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu operasi dan semakin banyak katalis yang digunakan, maka akan semakin mempercepat waktu pirolisis (M. Rehan, R. Miandad, 2017). Proses pirolisis pada prinsipnya mengutamakan perlakuan suhu tingggi untuk membantu pemutusan rantai panjang ikatan karbon dalam bentuk polimer dari molekul plastik, di mana proses tersebut mengubah fasa padatan plastik menjadi fasa uap, yang kemudian akibat perbedaan suhu akan kembali terkondensasi menjadi fasa cair dalam bentuk minyak mentah (Chandran et al., 2020). Keberadaan situs aktif pada permukaan zeolit berfungsi untuk menarik uap dari molekul hidrokarbon untuk masuk ke dalam kerangka zeolit, di mana semakin besar luas permukaan maka akan semakin banyak juga reaktan yang akan bersentuhan dengan situs aktif pada permukaan zeolit dan memutuskan ikatan panjang hidrokarbon dari molekul plastik (Marcilla et al., 2022). Gas hidrokarbon akan dipaksa berdifusi masuk ke dalam kerangka melalui saluran pori yang juga mengandung situs aktif, di mana situs aktif tersebut juga akan berperan sebagai mikro reaktor yang menjadikan pemutusan rantai ikatan menjadi lebih pendek lagi dan mengakibatkan reaksi perengkahan berlangsung lebih awal dari waktu optimum pada rekasi yang dilakukan tanpa katalis (Cheong et al., 2020).

Hasil analisis ragam tentang pengaruh interaksi antara suhu dengan katalis terhadap volume minyak pirolisis menunjukkan bahwa minyak hasil dari pirolisis plastik pada umumnya merupakan senyawa hidrokarbon cair yang dapat diolah lagi menjadi minyak komersial melalui proses destilasi (Masfitra, 2021). Keberadaan pori pada permukaan katalis berperan sebagai penyaring molekul plastik, sehingga rantai panjang dari hdrokarbon plastik akan dipotong-potong menjadi lebih pendek secara acak oleh situs aktif pada permukaan zeolit agar lebih mudah berdifusi ke dalam kerangka zeolit (Philia et al., 2023). Saluran pori di dalam kerangka zeolit juga akan membantu untuk mengarahkan bentuk produk minyak pirolisis (Syamsiro, 2015). Diketahui bahwa kandungan minyak dari plastik polietilena dengan menggunakan katalis zeolit alam pada umumnya terdiri dari senyawa C¬5 – C12, sehingga dapat diolah lagi menjadi minyak tanah (Bani, 2023), solar atau pun bensin. Hal ini menjadikan plastik yang selama ini sering diabaikan karena dianggap sudah tidak lagi berguna dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar alternatif yang lebih murah. Hasil analisis kualitas minyak pirolisis menunjukkan bahwa kandungan minyak pirolisis dari interaksi suhu 400 °C dengan komposisi katalis 0.15 dari berat plastik menunjukkan bahwa minyak pirolisis didominasi oleh hidrokarbon C9 – C14 sebesar 80.9% dan sisanya adalah minyak dalam fasa yang lebih berat, yaitu > C14. Oleh karena itu, penggunaan zeolit alam Ende sebagai katalis lebih sesuai untuk menghasilkan hidrokarbon C9 – C14 atau minyak tanah (kerosen), sehingga dapat dikembangkan menjadi sebuah jenis usaha sendiri bagi masyarakat umum (Setiani et al., 2020).

METODE

Analisis ekonomi dilakukan meliputi biaya total, penerimaan total dan pendapatan, R/C rasio dengan persamaan sebagai berikut:

Total biaya (*Total Cost*/TC) (Jayanti & Hartanti, 2019)

TC = FC + VC

Keterangan:

TC = Biaya total (*Total Cost*)
FC = Biaya tetap (*Fixed Cost*)
VC = Biaya tidak tetap (*Variable Cost*)

Total penerimaan (*Total Revenue*) (Jayanti & Hartanti, 2019)

TR = (pa x Qa)

Keterangan:

TR = *Total revenue*
pa = Harga/liter minyak tanah
Qa = Tingkat produksi minyak tanah

Pendapatan (Jayanti & Hartanti, 2019)

Π = TR – TC

Keterangan:

Π = Pendapatan
TR = *Total revenue*
TC = *Total cost*

R/C Ratio (*Revenue Cost Ratio*) (Arief Yuswanto Nugroho, 2021)

a = R/C

Keterangan:

a = R/C rasio
R = Total penerimaan (*Revenue*)
C = Total biaya (*Cost*)

Kriteria penilaian R/C rasio adalah:

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
ISSN: 2964-6723 (Online)

R/C rasio > 1, usaha layak dikembangkan; R/C rasio = 1, usaha tidak untung; tidak rugi (impas). R/C rasio < 1, usaha tidak layak dikembangkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Minyak hasil pirolisis dapat dikembangkan menjadi usaha minyak tanah alternatif. Apabila usaha tersebut telah memiliki sarana dan prasarana proses yang memadai dalam skala mikro. Maka, bentuk biaya dalam usaha ini adalah biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya tidak tetap (*variable cost*), agar memperoleh keuntungan dan perhitungan R/C rasio.

Apabila usaha ini hanya akan melakukan konversi sampah plastik sebanyak 1000 kg atau 1 ton setiap harinya, maka rincian biaya tetap antara lain: pembelian plastik, yaitu dengan harga satuan Rp. 700,-/ kg, sehingga apabila kebutuhan harian adalah 1,000 kg, maka biaya tetap harian Rp. 700,000,-/hari. Oleh karena itu, biaya kebutuhan bulanan sebesar Rp. 21,000,000,-. Biaya operasional mesin pemotong plastik. Jika kapasitas tanki mesin pemotong plastik sebesar 20 liter dengan harga satuan solar Rp. 6,800,- adalah Rp. 136,000,- untuk 10 jam operasional. Jadi setiap jam dibutuhkan 2 liter solar (20 liter bagi 10 jam = 2 jam/liter). Kebutuhan harian 1 ton plastik dibutuhkan ±3.5 jam operasional alat. Oleh karena itu, kebutuhan solar per hari ±7 liter. Jika harga satuan solar (Rp. 6,800,-), maka kebutuhan biayanya adalah sebesar Rp. 47,600,-. Jadi kebutuhan bulanannya adalah sebesar Rp. 1,428,000,-.

Operasional reaktor pirolisis dengan kapasitas bahan bakar reaktor menggunakan gas LPG 12 kg untuk pirolisis 1.5 ton sampah/jam. Harga harian untuk 1 tanki gas LPG adalah Rp. 135,200,-, maka kebutuhan bulanan adalah sebesar Rp.4,056,000,-. Apabila perbandingan katalis 0.15 zeolit alam Ende mampu mengkonversi sampah plastik menjadi cairan sebesar 900 liter dari 1 ton sampah dan menghasilkan minyak tanah sebanyak 800 liter, maka kebutuhan harian untuk drum pengepakan kapasitas 200 liter adalah sebanyak 4 pcs. Harga 1 drum (plastik) adalah Rp. 90,000,-, maka biaya untuk drum pengepakan minyak harian adalah sebesar Rp. 360,000,-/hari dan untuk bulanan sebesar Rp.10,800,000,-. Selanjutnya, apabila telah tersedia pasar (pelanggan) untuk menjual minyak kerosen produk pirolisis, maka untuk jarak tempuh pemasaran membutuhkan 10 liter solar per harinya, sehingga biaya tetap untuk transpotasi adalah sebesar Rp.68,000,- dan bulanan sebesar Rp. 2,040,000,- jika harga bahan bakar solar Rp.6,800,-/liter. Gaji karyawan, yaitu jumlah karyawan yang dibutuhkan dalam usaha skala mikro ini adalah 4 orang, yakni operator mesin pemotong plastik dibayar Rp.50,000,-/hari, maka gaji bulanannya sebesar Rp.1,500,000,-. Operator reaktor pirolisis dibayar Rp.200,000,-/hari, maka gaji bulanannya sebesar Rp.6,000,000,-. Karyawan pengepakan produk Rp.20,000,-/hari, maka gaji bulanannya sebesar Rp.600,000,- dan karyawan bagian distribusi pemasaran dibayar Rp.50,000,-, maka gaji bulanannya sebesar Rp.1,500,000,-. Total biaya tetap untuk gaji karyawan per bulan adalah sebesar Rp.9,600,000,-. Total keseluruhan dari biaya tetap yang harus dikeluarkan per bulan adalah sebesar Rp.48,924,000,-.

Rincian biaya tidak tetap dalam usaha pirolisis, yaitu pembelian katalis zeolit alam aktif. Harga pasaran zeolit alam aktif di Indonesia adalah Rp.735,000,-/ton, sedangkan kebutuhan harian berdasarkan hasil analisis sebelumnya adalah 150 kg untuk pirolisis sampah plastik, maka biaya tetap harian adalah sebesar Rp.110,250,-/ hari, sehingga kebutuhan bulanan sebesar Rp.3,307,500,-. Katalis zeolit alam Ende dijadikan sebagai variabel tidak tetap karena katalis zeolit tahan hingga 2 jam pada temperatur tinggi hingga 900 °C, sehingga apabila digunakan untuk melakukan pirolisis selama 1 jam pada perlakuan suhu di bawah 900 °C, maka dapat diasumsikan bahwa katalis dapat digunakan berkali-kali. Biaya perawatan alat, yaitu biaya peralatan alat disiapkan untuk perawatan alat seperti pelumas dan lainnya, serta disiapkan apabila terjadi kerusakan pada alat. Biaya yang disiapkan adalah sebesar Rp.1,500,000,-/bulan, dan biaya lain-lain disiapkan untuk kebutuhan tak terduga sebesar Rp.5,000,000,- Jadi total biaya yang dibutuhkan untuk menjalankan usaha pirolisis polietilena dari sampah plastik adalah sebesar Rp.58,731,000,-.

Berdasarkan hasil analisis, maka penggunaan zeolit sebagai katalis mampu mengkonversi sampah plastik polietilena sebanyak 1 ton sampah plastik dapat dikonversi menjadi 800 liter kerosen per hari yang diperkirakan menjadi 24.000 liter dalam 1 bulan, maka total penerimaan dari usaha penjualan minyak tanah yang didestilasi dari minyak pirolisis dari sampah plastik adalah sebesar

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
ISSN: 2964-6723 (Online)

Rp.72,000,000,-, sehingga total pendapatan per bulan dari usaha adalah sebesar Rp.13,269,000,- dengan R/C ratio 1.22 (1.22 > 1).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, maka disimpulkan bahwa usaha penjualan minyak kerosen hasil pirolisis sampah plastik dengan katalis zeolit alam Ende merupakan usaha yang menjanjikan dan sekaligus bermanfaat bagi perlindungan ekosistem dari bahaya sampah plastik.

DAFTAR PUSTAKA

Arief Yuswanto Nugroho, A. A. M. (2021). Proyeksi BEP, RC Ratio Dan R/L Ratio terhadap Kelayakan Usaha (Studi Kasus Pada Usaha Taoge di Desa Wonoagung Tirtoyudo Kabupaten Malang). Journal Koperasi dan Manajemen, 2(1).

Armenise, S., SyieLuing, W., Ramírez-Velásquez, J. M., Launay, F., Wuebben, D., Ngadi, N., Rams, J., & Muñoz, M. (2021). Plastic waste recycling via pyrolysis: A bibliometric survey and literature review. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 158. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105265

Bani, G. A. (2023). Pemanfaatan Zeolit Alam Ende Sebagai Katalis dalam Pirolisis Polietilena dari Sampah Plastik. Rekayasa Bahan Alam Dan Energi Berkelanjutan, 07(1), 13–21.

Bani, G. A., & Bani, M. D. (2024). Pyrolysis of Polyethylene from Plastic Waste using Activated Ende Natural Zeolite as a Catalyst. Applied Science and Engineering Progress, 17(2), 1–15. https://doi.org/10.14416/j.asep.2024.01.006

Chaerul, M., & Allia, V. (2020). Tinjauan Kritis Studi Life Cycle Assessment (LCA) di Indonesia. V(1), 816–823.

Chandran, M., Tamilkolundu, S., & Murugesan, C. (2020). Conversion of plastic waste to fuel. Plastic Waste and Recycling, 385–399. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00014-1

Cheong, Y., Wong, K., Ooi, B. S., Ling, T. C., & Khoerunnisa, F. (2020). Behavior of K-MER Zeolite and Its Morphological. Crystals, 10(64), 1–15.

Dick, D. T., Agboola, O., & Ayeni, A. O. (2020). Pyrolysis of waste tyre for high-quality fuel products: A review. AIMS Energy, 8(5), 869–895. https://doi.org/10.3934/ENERGY.2020.5.869

Dziedzicka, A., Sulikowski, B., & Ruggiero-Mikołajczyk, M. (2016). Catalytic and physicochemical properties of modified natural clinoptilolite. Catalysis Today, 259, 50–58. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cattod.2015.04.039

Ende, P. K. (2005). Rencana Pembangunan Jangka Panjang Kabupaten Ende.

Harahap, B. H., Abidin, H. Z., Utoyo, H., Djumhana, D., & Yuniarni, R. (2015). Prospect of Mineral Deposits in the Central Flores Island, Eastern Indonesia Prospek Cebakan Mineral Di Pulau Flores Bagian Tengah, Indonesia Timur. Jurnal Geologi Dan Sumberdaya Mineral, 16(1), 1–13.

Huang, S., Wang, H., Ahmad, W., Ahmad, A., Vatin, N. I., Mohamed, A. M., Deifalla, A. F., & Mehmood, I. (2022). Plastic Waste Management Strategies and Their Environmental Aspects: A Scientometric Analysis and Comprehensive Review. In International Journal of Environmental Research and Public Health (Vol. 19, Issue 8). https://doi.org/10.3390/ijerph19084556

Jayanti, E., & Hartanti, D. (2019). Pengaruh Penetapan Total Cost (TC), Total Revenue (TR), dan Break Even Point (BEP) Terhadap Laba Pada PT. Indocement Tunggal Prakarsa Tbk. Jurnal Ekonomi, 9(1), 1–12.

Karasik, R., Lauer, N. E., Baker, A.-E., Lisi, N. E., Somarelli, J. A., Eward, W. C., Fürst, K., & Dunphy-Daly, M. M. (2023). Inequitable distribution of plastic benefits and burdens on economies and public health. Frontiers in Marine Science, 9(January), 1–11.

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
ISSN: 2964-6723 (Online)

https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1017247

Kibria, M. G., Masuk, N. I., Safayet, R., Nguyen, H. Q., & Mourshed, M. (2023). Plastic Waste: Challenges and Opportunities to Mitigate Pollution and Effective Management. In International Journal of Environmental Research (Vol. 17, Issue 1). https://doi.org/10.1007/s41742-023-00507-z

M. Rehan, R. Miandad, M. A. B. et al. (2017). Effect of Zeolite Catalysts on Pyrolysis Liquid Oil. BMC Public Health, 5(1), 1–8. https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/siklus/article/view/298%0Ahttp://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.jana.2015.10.005%0Ahttp://www.biomedcentral.com/1471-2458/12/58%0Ahttp://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&P

Marcilla, A., Berenguer, D., & Martinez, I. (2022). Effect of the addition of zeolites and silicate compounds on the composition of the smoke generated in the decomposition of Heet tobacco under inert and oxidative atmospheres. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 164(March), 105532. https://doi.org/10.1016/j.jaap.2022.105532

Masfitra, E. (2021). Pengujian Bahan Bakar Minyak (BBM) Alternatif Dari Pirolisis Limbah Plastik Jenis Pp (Polypropylene). ENOTEK : Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi, 1(01), 6–10. https://doi.org/10.30606/enotek.v1i01.994

Murtaza, G., Habib, R., Nawaz, R., Javed, T., Sardar, K., Rasool, F., Shahzad, M., & Rasool, A. (2016). A Review Study of Waste-Plastic and Its Deadly Effects on Eco-System. Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2(12), 1330–1339.

Nizami, A. S., Ouda, O. K. M., Rehan, M., El-Maghraby, A. M. O., Gardy, J., Hassanpour, A., Kumar, S., & Ismail, I. M. I. (2016). The potential of Saudi Arabian natural zeolites in energy recovery technologies. Energy, 108, 162–171. https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.07.030

Philia, J., Widayat, W., Sulardjaka, S., Nugroho, G. A., & Darydzaki, A. N. (2023). Aluminum-based activation of natural zeolite for glycerol steam reforming. Results in Engineering, 19(April), 101247. https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101247

Rahmawati, A. F., Amin, Rasminto, & Syamsu, F. D. (2021). Analisis Pengelolaan Sampah Berkelanjutan Pada Wilayah Perkotaan di Indonesia. Bina Gogik, Vol.8(1), 1–12.

Rio Nazif, Erlangga Wicaksana, & Halimatuddahliana. (2016). Pengaruh Suhu Pirolisis Dan Jumlah Katalis Karbon Aktif Terhadap Yield Dan Kualitas Bahan Bakar Cair Dari Limbah Plastik Jenis Polipropilena. Jurnal Teknik Kimia USU, 5(3), 49–55. https://doi.org/10.32734/jtk.v5i3.1545

Sakti, A. D., Rinasti, A. N., Agustina, E., Diastomo, H., Muhammad, F., Anna, Z., & Wikantika, K. (2021). Multi-scenario model of plastic waste accumulation potential in indonesia using integrated remote sensing, statistic and socio-demographic data. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(7). https://doi.org/10.3390/ijgi10070481

Setiani, V., Setiawan, A., Salsha, O., & Devina, M. (2020). Analisis Kelayakan Ekonomi Dari Minyak Hasil Produk Cair Pirolisis Sampah Plastik Polipropilen (PP) Dan Low-Density Polyethylene (LDPE). Jurnal Teknologi Maritim, 3(2), 3–6.

Syamsiro, M. (2015). Kajian Pengaruh Penggunaan Katalis Terhadap Kualitas Produk. Teknik, 5(1), 1–85.

Traven, L., & Široka, M. (2023). Collection of recyclable waste in the city of Rijeka: Current status and perspectives. Cleaner Waste Systems, 5(January), 100093. https://doi.org/10.1016/j.clwas.2023.100093

Verma, R., Vinoda, K. S., Papireddy, M., & Gowda, A. N. S. (2016). Toxic Pollutants from Plastic Waste- A Review. Procedia Environmental Sciences, 35, 701–708. https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.069

Copyright © 2022, Template JIM: Jurnal Ilmiah Multidisiplin
ISSN: 2964-6723 (Online)