

**PEMANFAATAN ADSORBEN BATU ZEOLIT DENGAN VARIASI MESH
UNTUK OPTIMALISASI PADA PYRO REAKTOR**

***Utilization Of Zeolite Stone Adsorbent With Mesh Variations For Optimization In
Pyro Reactors***

Aprilianus Tri Putra¹⁾, Dominggus G.H. Adoe²⁾ Jack C. A. Pah³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana

¹⁾e-mail: tryaprilianus@gmail.com

ABSTRAK

Pirolisis merupakan metode yang efektif untuk mengonversi limbah plastik menjadi bahan bakar cair berupa minyak pirolisis. Namun, hasil dan kualitas minyak yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi proses dan penggunaan adsorben. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan adsorben batu zeolit dengan variasi ukuran mesh dalam mengoptimalkan kinerja pyro reaktor pada pirolisis plastik *polypropylene* (PP) pada suhu 300 °C. Batu zeolit digunakan sebagai adsorben pada jalur keluaran uap pirolisis dengan variasi ukuran mesh 50, 100, dan 150. Parameter yang dianalisis meliputi hasil minyak pirolisis, massa jenis, viskositas, dan nilai kalor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi ukuran mesh zeolit berpengaruh terhadap hasil dan karakteristik minyak pirolisis. Zeolit dengan ukuran mesh yang lebih halus mampu meningkatkan proses adsorpsi dan pemecahan senyawa hidrokarbon rantai panjang, sehingga menghasilkan minyak pirolisis dengan kualitas yang lebih baik. Dengan demikian, pemanfaatan adsorben batu zeolit dengan variasi mesh dapat menjadi metode yang efektif untuk optimalisasi proses pirolisis plastik PP pada pyro reaktor.

Kata kunci: pirolisis, plastik PP, LDPE, PS, batu zeolit, variasi mesh, adsorben, pyro reaktor.

ABSTRACT

Pyrolysis is an effective method for converting plastic waste into liquid fuel in the form of pyrolysis oil. However, the yield and quality of the resulting oil are significantly influenced by process conditions and the adsorbent used. This study aims to analyze the use of zeolite rock adsorbents with varying mesh sizes to optimize pyroreactor performance in the pyrolysis of polypropylene (PP) plastic at 300°C. Zeolite rock was used as an adsorbent in the pyrolysis steam outlet line with varying mesh sizes of 50, 100, and 150. Parameters analyzed included pyrolysis oil yield, density, viscosity, and calorific value. The results show that varying zeolite mesh sizes affects the yield and characteristics of pyrolysis oil. Zeolite with a finer mesh size can enhance the adsorption and breakdown of long-chain hydrocarbon compounds, resulting in better-quality pyrolysis oil. Therefore, the use of zeolite rock adsorbents with varying mesh sizes can be an effective method for optimizing the PP plastic pyrolysis process in pyroreactors.

Keywords: *pyrolysis, PP LDPE, PS, plastic, zeolite stone, mesh variation, adsorbent, pyro reactor.*

PENDAHULUAN

Zeolit merupakan suatu kelompok mineral yang dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Mineral ini biasanya dijumpai mengisi celah celah ataupun rekahan dari batuan tersebut. Selain itu zeolit juga merupakan endapan dari aktivitas vulkanik yang

banyak mengandung unsur silika. Zeolit pertama kali ditemukan oleh Baron Axel Frederick pada tahun 1756 di alam untuk jenis kristal dengan struktur yang berongga. Mineral zeolit terbentuk di berbagai tempat bumi, termasuk juga di dasar laut. Bentuk kristal zeolit relatif teratur dengan rongga yang saling berhubungan ke segala arah menyebabkan permukaan zeolit menjadi sangat luas sehingga baik bila digunakan sebagai adsorben. (Ardian & Sartika, 2022). Secara struktural, zeolit memiliki kerangka kristal berongga tiga dimensi yang saling terhubung ke segala arah, menghasilkan luas permukaan yang sangat besar. Sifat inilah yang menjadikan zeolit unggul sebagai bahan adsorben maupun katalis dalam berbagai aplikasi industri dan lingkungan. Dengan karakteristik struktur yang unik tersebut, zeolit banyak dimanfaatkan dalam berbagai proses kimia dan lingkungan, salah satunya pada proses pirolisis. Zeolit sebagai bahan adsorben memiliki potensi besar dalam proses tersebut karena memiliki sifat fisik dan kimia yang mendukung seperti struktur mikropori, kestabilan termal, dan kemampuan selektif dalam menangkap molekul tertentu. Efektivitas zeolit sebagai adsorben dalam pirolisis tidak hanya dipengaruhi oleh komposisi kimia, tetapi juga oleh ukuran partikel atau mesh yang digunakan. Ukuran mesh menentukan luas permukaan zeolit yang bersentuhan langsung dengan produk pirolisis, semakin kecil ukuran mesh (semakin halus), maka semakin besar luas permukaan dan potensi daya adsorpsinya. Namun, ukuran partikel yang terlalu halus juga dapat menimbulkan resistansi aliran gas dalam reaktor, sehingga diperlukan keseimbangan antara luas permukaan dan kelancaran aliran (Susilawati et al., 2022).

METODOLOGI PENELITIAN

Alat

1. Termokopel untuk mengukur Temperatur
2. Kalorimeter Bom (Bomb Calorimeter) untuk mengukur nilai kalor

Bahan

1. Batu zeolit Mesh 50, 100, 150
2. Sampah plastik gelas aqua LDPE, PS, (Polypropylene PP)

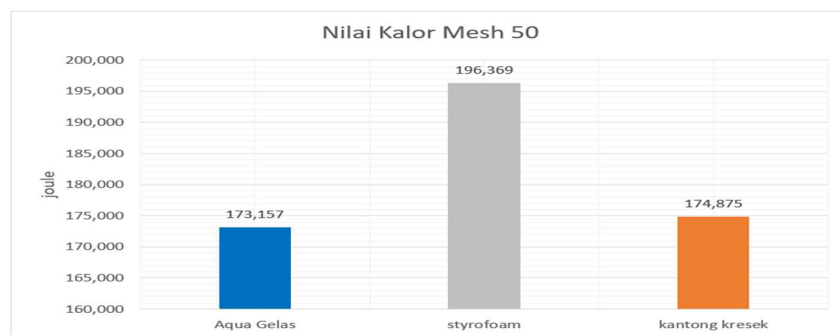
Prosedur Penelitian

1. Persiapan alat dan bahan utama yaitu batu zeolit dan saringan mesh 50, 100 dan 150 mesh
2. membuat saringan mesh dengan diameter 20 cm dan tabung adsorben menggunakan pipa $\frac{1}{2}$ inci dengan Panjang 10 cm, diameter 2,5 cm masing masing variasi mesh 50, 100, dan 150 mesh
3. kemudian zeolit diayak menggunakan saringan mesh 50, 100, dan 150 untuk memperoleh partikel dengan ukuran sesuai variasi.

4. Zeolit hasil ayakan kemudian ditimbang dengan massa 50 gram, dimasukkan ke dalam tabung adsorben sesuai ukuran mesh (50, 100, dan 150), dan dipasang pada jalur keluaran uap dari pyro-reaktor.
5. Kemudian melakukan Proses pirolisis dengan suhu 300°C selama 4 jam menggunakan tiga jenis sampah plastik yaitu gelas aqua (Polypropylene PP), LDPE, PS. Uap hasil pirolisis dialirkan melalui tabung adsorben sesuai variasi mesh, kemudian dikondensasikan untuk menghasilkan minyak pirolisis.
6. Hasil minyak pirolisis dari setiap variasi mesh adsorben dianalisis dengan mengukur volume (ml) dan nilai kalor (joule), massa jenis (g/mL) dan viskositas (mPa·s) untuk menentukan efektivitas masing-masing ukuran mesh dalam menyerap minyak hasil pirolisis
7. Data dari setiap variasi mesh (50, 100, dan 150) dibandingkan untuk mengetahui variasi mesh yang paling optimal dalam menyerap hasil pirolisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, data hasil pirolisis dianalisis berdasarkan volume minyak yang dihasilkan, massa jenis, viskositas, dan nilai kalor minyak pirolisis. Proses pirolisis menggunakan tiga jenis sampah plastik, yaitu gelas aqua/ polypropylene (PP), dengan variasi ukuran mesh batu zeolit sebagai katalis, yaitu mesh 50, mesh 100, dan mesh 150. Hasil pengukuran temperature pada proses pirolisis dilakukan pada suhu dalam tabung reaktor yaitu 300°C dengan waktu reaksi selama 4 jam. Batu zeolit yang digunakan memiliki karakteristik kimia berupa kandungan silika (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3) yang bersifat asam dan berperan dalam proses perengkahan, dengan massa zeolit sebesar 50 gram pada setiap pengujian. Nilai kalor dianalisis menggunakan Bomb Kalorimeter dalam satuan Joule.



Gambar 1. Nilai Kalor 50 mesh

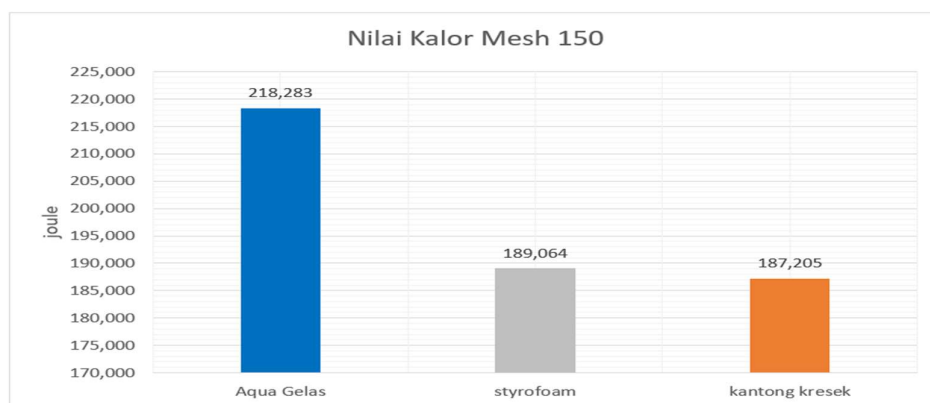
Berdasarkan grafik pada Gambar 1, terlihat bahwa nilai kalor pada ketiga jenis

bahan menunjukkan perbedaan yang cukup jelas. Styrofoam memiliki nilai kalor tertinggi sebesar 196,369 joule, diikuti oleh Kantong Kresek sebesar 175,875 joule, dan Aqua Gelas sebesar 173,157 joule. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis bahan berpengaruh terhadap jumlah energi panas yang dilepaskan selama pembakaran. Nilai kalor yang tinggi pada styrofoam mengindikasikan bahwa bahan tersebut memiliki struktur kimia yang kaya akan unsur karbon dan hidrogen, yang berperan penting dalam reaksi pembakaran. Hal ini sejalan dengan temuan (Zhang et al., 2021) yang melaporkan bahwa polistirena memiliki *heating value* tinggi, yaitu sekitar 38,53 MJ/kg, sehingga tergolong sebagai bahan dengan potensi energi termal besar.



Gambar 2. Nilai Kalor 100 mesh

Berdasarkan grafik pada Gambar 2, diketahui bahwa nilai kalor yang dihasilkan dari ketiga jenis bahan mengalami variasi. Styrofoam masih menunjukkan nilai tertinggi yaitu 192,501 joule, diikuti oleh Aqua Gelas sebesar 183,908 joule, dan Kantong Kresek sebesar 171,008 joule. Perbedaan nilai ini menunjukkan bahwa ini menunjukkan bahwa struktur kimia dan karakteristik polimer masing-masing bahan sangat berpengaruh terhadap jumlah energi panas yang dilepaskan selama proses pembakaran. Nilai kalor yang tinggi pada styrofoam disebabkan oleh adanya ikatan karbon-hidrogen yang kuat dalam rantai polimernya, yang memerlukan energi besar untuk diuraikan selama proses pembakaran.



Gambar 3. Nilai Kalor 150 mesh

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai kalor dari ketiga jenis bahan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Aqua Gelas memiliki nilai kalor tertinggi yaitu sebesar 218,383 joule, diikuti oleh Styrofoam sebesar 189,064 joule, dan Kantong Kresek sebesar 187,205 joule. Nilai kalor yang lebih tinggi pada Aqua Gelas menunjukkan bahwa bahan ini memiliki kandungan energi kimia yang lebih besar, yang dilepaskan dalam bentuk panas saat mengalami proses pembakaran. Hal ini berkaitan dengan struktur molekul dan komposisi polimer pada Aqua Gelas yang mengandung ikatan karbon hidrogen lebih banyak dan lebih kuat, sehingga menghasilkan energi panas lebih tinggi saat terurai.

KESIMPULAN

1. Variasi ukuran mesh adsorben batu zeolit berpengaruh terhadap hasil minyak pirolisis dari plastik polypropylene (PP), polystyrene (PS), dan low-density polyethylene (LDPE). Semakin halus ukuran mesh zeolit, khususnya mesh 150, semakin besar luas permukaan adsorpsi yang tersedia sehingga proses penyaringan dan pemurnian uap pirolisis berlangsung lebih efektif. Hal ini ditunjukkan oleh nilai massa jenis, viskositas, dan nilai kalor minyak pirolisis yang cenderung lebih stabil dan optimal dibandingkan penggunaan mesh 50 dan mesh 100.
2. Pemanfaatan batu zeolit sebagai adsorben terbukti dapat meningkatkan kualitas hasil proses pirolisis. Kehadiran zeolit mampu menyerap senyawa berat dan pengotor pada uap pirolisis, sehingga minyak yang dihasilkan memiliki mutu fisik yang lebih baik dan mendekati karakteristik bahan bakar konvensional. Berdasarkan hasil penelitian, batu zeolit dengan ukuran mesh 150 menunjukkan kemampuan adsorpsi paling optimal dalam meningkatkan kualitas minyak pirolisis dari ketiga jenis plastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardian, D., & Sartika, Z. (2022). Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Adsorben Dalam Pemurnian Ethanol Dengan Methode Destilasi Adsorpsi Natural Zeolite *as an Adsorbent in Ethanol Purification Using the Adsorption Distillation Method*. 3(1), 1–6.
- Aufa, M., Suarnadwipa, N., Wayan, D. I., & Adnyana, B. (2024). Pengaruh Temperatur Reaktor terhadap Viskositas Bahan Bakar Cair Hasil Proses Pirolisis Sampah Plastik Polypropylene. *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA*, 13(3), 1–4.
- Dian Ardian, Saisa2, Muhammad, & Zulhaini Sartika. (2022). Pemanfaatan Zeolit Alam Sebagai Adsorben Dalam Pemurnian Ethanol Dengan Methode Destilasi Adsorpsi. *Jurnal Teksagro e-ISSN 2723-6528 Vol 3, No. 1, April 2022*, pp. 1-6
- Faruqi, A. (2019). Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik Polypropylene (PP) Dan *High-Density Polyethylene* (HDPE) Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Ampas Tebu Untuk Aplikasi Papan Partikel.
- Hermanto, Hairul Bahri, M., & Fathonisyam, A. P. (2022). Pirolisis Limbah Plastik Polypropylene Dengan Tambahan Zeolit Alam *Pyrolysis of Polypropylene Plastic Waste With Additional Natural Zeolite*. *Jurnal Smart Teknologi*, 3(2), 27741702.
- Susilawati, ., Nasruddin, M. N., Sihombing, Y. A., Ferdiansyah, B., & Pakpahan, S. N. Y. (2022). *Analysis of the Effect of Grain Size on the Characteristics of Zeolite as Adsorbents*. *June*, 308–313.
- Rohman, S. (2018). Studi pengaruh penambahan *polypropylene dan low density polyethylene* terhadap sifat fisik dan mekanik *wood plastic composite* untuk aplikasi genteng ramah lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tahdid, T., Manggala, A., Wasiran, Y., Nurryma, I., Ramadhani, P. S., & Kobar, A. A. (2022). Pengaruh Jumlah Zeolit Dan Temperatur Terhadap Rendemen Bahan Bakar Cair Menggunakan Limbah Plastik Di Unit Thermal Catalytic Cracking Reactor. *Jurnal Redoks*, 7(2), 26–32.
- Pasaribu, Baston., (2013), *Pemanfaatan Zeolit Alam Sarulla Untuk Menyerap Sulfida Dari Limbah Padat Peternakan Di Simalingkar B Medan*, Tesis, FMIPA USU, MEDAN.