

## ANALISIS PENGARUH KALSINASI TERHADAP TREN NILAI DENSITAS PELET KATALIS ZEOLIT ALAM

\*Ahmad Nadhif Masruri<sup>1</sup>, Norman Iskandar<sup>2</sup>, Sulardjaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, S.H., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [masruriandhif13@gmail.com](mailto:masruriandhif13@gmail.com)

### Abstrak

Zeolit alami Gunungkidul memiliki potensi sebagai bahan katalis yang efisien, terutama jika sifat porositasnya dapat dimodifikasi melalui perlakuan kalsinasi. Porositas yang optimal sangat penting untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi dan aktivitas katalitik zeolit. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi suhu kalsinasi terhadap porositas pelet katalis zeolit alami Gunungkidul. Pelet katalis dibuat dari zeolit alam yang dikalsinasi pada suhu 500°C, 550°C, dan 600°C. Pengukuran densitas digunakan sebagai parameter utama untuk menilai perubahan struktur pori, sehingga memberikan gambaran mengenai perubahan struktur pori akibat perlakuan suhu kalsinasi pada variasi suhu kalsinasi yang digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu kalsinasi 550°C memberikan penurunan densitas paling signifikan dan peningkatan porositas optimal.

**Kata Kunci:** densitas; kalsinasi; katalis; porositas; zeolit alam

### Abstract

*Natural zeolite from Gunungkidul has potential as an efficient catalyst material, especially if its porosity characteristics can be modified through calcination treatment. Optimal porosity is crucial to enhance the adsorption capacity and catalytic activity of the zeolite. This study aims to analyze the effect of varying calcination temperatures on the porosity of natural zeolite catalyst pellets from Gunungkidul. Catalyst pellets were made from natural zeolite calcined at temperatures of 500°C, 550°C, and 600°C. Density measurement was used as the primary parameter to assess changes in pore structure, thus providing insight into the structural pore changes caused by the calcination temperature variations used. The research results indicate that a calcination temperature of 550°C yields the most significant decrease in density and optimal increase in porosity.*

**Keywords:** calcination; catalyst; density; natural zeolite; porosity

### 1. Pendahuluan

Selama ini, katalis homogen, seperti asam dan basa, digunakan untuk membuat biodiesel. Namun, penggunaan katalis homogen menyebabkan masalah pada produk yang dihasilkan, seperti mengandung katalis, yang memerlukan separasi lagi [1]. Bahan berpori dipilih sebagai adsorben karena luas permukaan dalamnya yang jauh lebih besar daripada luas permukaan luarnya [2]. Zeolit biasanya digunakan sebagai media penyaring, katalis, penukar kation, dan adsorben. Sementara Indonesia terletak di jalur gunung berapi yang memiliki potensi zeolit yang besar, penggunaan zeolit alamnya belum optimal. Zeolit alam dapat ditemukan di wilayah Jawa, NTT, Irian, Sumatra, Sulawesi, dan Kalimantan. Zeolit paling sering ditemukan di wilayah Pulau Jawa seperti Wonosari dan Klaten [3].

Whiting dkk mengatakan sifat adsorpsi zeolit yang disintesis sangat dipengaruhi oleh binder atau pengikat. Pada akhirnya, bahan pengikat ini akan berdampak pada kekuatan mekanik, keseragaman ukuran, dan keberhasilan pembuatan pelet saat dipadatkan [4]. Sebelum zeolit alam dapat digunakan, dia harus melalui proses aktivasi, yang dilakukan untuk meningkatkan sifatnya sebagai adsorben dan menghilangkan unsur pengotor yaitu perlakuan kalsinasi [1]. Porositas pelet katalis sangat penting karena akan menentukan kinerja katalis. Porositas sendiri adalah istilah yang mengacu pada rongga atau pori-pori yang ada pada katalis sehingga molekul reaktan dan produk dapat melewati dan berinteraksi dengan permukaan katalis. Dengan luas permukaan yang efektif, katalis akan mempengaruhi kinerja katalis karena reaktan memiliki lebih banyak ruang untuk berinteraksi dengan katalis [4].

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan membahas tentang bagaimana pengaruh variasi suhu kalsinasi pada pelet katalis zeolit alam terhadap porositasnya.

### 2. Dasar Teori

Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang terbentuk oleh tetrahedral  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  dan  $[\text{AlO}_4]^{5-}$  yang saling terhubung dengan cara ini. Struktur kerangkanya tiga dimensi. Zeolit alam terbentuk dari reaksi batuan tufa asam berbutir halus yang bersifat rhyiolitik dengan air pori atau air meteorik. Kerangka zeolit, baik dipermukaan maupun di dalam pori, memiliki muatan listrik yang memungkinkannya berfungsi sebagai penukar kation, adsorben, dan katalis [5].

Bahan pengikat (Binder) mempengaruhi gaya kohesif antara partikel serbuk sehingga menghasilkan tablet atau pelet yang kuat setelah dipadatkan. Bahan pengikat ini nantinya akan mempengaruhi kekuatan mekanik, keseragaman ukuran, dan keberhasilan pembuatan pelet saat dipadatkan [4]. Kaolin juga disebut sebagai batu lempung, adalah massa batuan yang terbuat dari material lempung berkualitas tinggi dengan komposisi kimia hydrous aluminium silicate ( $2\text{H}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) dan berwarna putih, abu-abu putih, kuning jingga, abu abu, atau kemerahan [6].

Kalsinasi membuat rongga kristal zeolit terbuka lebih lebar karena proses kalsinasi menghilangkan air terikat dan pengotor organik yang menyumbat pori-pori zeolit. Selain itu, kalsinasi, yang dilakukan pada suhu yang ideal ( $500\text{--}600^\circ\text{C}$ ), membuat sebagian pengotor dan air yang ada di dalam pori-pori pelet katalis menguap pada suhu ini [4].

Salah satu karakteristik utama yang dapat dimiliki semua tipe batuan adalah porositas, yang menunjukkan banyaknya ruang kosong yang ada pada batuan tersebut. Dengan kata lain porositas adalah perbandingan antara volume serbuk secara keseluruhan dan volume ruang di antara pori-pori. Oleh karena itu semakin tinggi porositasnya, semakin kuat serapannya terhadap fluida [7].

### 3. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan beberapa proses yang dilewati. Proses-proses yang dilakukan pada penelitian kali ini akan dijelaskan berikuit ini.

#### 3.1 Langkah – Langkah Penelitian

Metodologi penelitian ini dimulai dengan tahap studi literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan dan memahami informasi serta teori yang relevan terkait zeolit, katalis, dan proses pengolahan yang akan dilakukan. Selanjutnya, dilakukan persiapan alat dan bahan yang meliputi pengadaan zeolit alam, kaolin, serta peralatan yang diperlukan untuk proses berikutnya.

Setelah persiapan, tahap berikutnya adalah proses penghancuran (*crushing*) bahan zeolit dan kaolin guna memperoleh ukuran partikel yang sesuai. Proses ini dilanjutkan dengan pengeringan pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama waktu 3 jam untuk menghilangkan kelembaban yang mungkin masih terkandung dalam bahan.

Kemudian, dilakukan proses pengayakan (*meshing*) dengan ukuran ayakan 60, 120, dan 250 mesh untuk mendapatkan serbuk dengan ukuran partikel yang terkontrol. Serbuk zeolit dan kaolin yang telah diayak kemudian direaksikan untuk membentuk pelet katalis.

Pelet katalis yang terbentuk kemudian diuji densitasnya sebagai parameter utama untuk menganalisis porositas. Uji densitas ini dilakukan untuk mengetahui perubahan struktur pori pada pelet katalis. Setelah uji densitas awal, pelet dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$ ,  $550^\circ\text{C}$ , dan  $600^\circ\text{C}$  untuk memodifikasi sifat porositasnya. Setelah perlakuan kalsinasi pada setiap suhu, dilakukan kembali uji densitas guna mengamati perubahan yang terjadi pada struktur pori akibat perlakuan suhu tersebut.

Hasil dari uji densitas ini kemudian dianalisis untuk menentukan suhu kalsinasi yang memberikan pengaruh terbaik terhadap porositas pelet katalis. Terakhir, berdasarkan analisis hasil pengujian, dibuat kesimpulan dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dengan fungsi spesifik yang mendukung proses pengolahan dan pengujian bahan. *Electrical Powder Grinder Machine* berfungsi untuk menghancurkan bahan menjadi partikel halus. *Pengayak* dan *Sieve Shaker Machine* digunakan untuk mengelompokkan partikel berdasarkan ukuran yang diinginkan. *Drying Oven* berguna untuk mengeringkan bahan dengan suhu terkontrol. *Timbangan* dipakai untuk mengukur massa bahan secara akurat. *Hydraulic Press Machine* berfungsi untuk mencetak bahan menjadi pelet dengan tekanan tertentu. *Magnetic Stirrer* digunakan untuk mencampur bahan secara merata. *Dies* adalah cetakan pelet, sementara *Sendok Takar* untuk mengambil bahan dengan takaran tepat. *Cawan Keramik* digunakan sebagai wadah yang tahan panas selama proses pengujian. Terakhir, *Pycnometer Ultrapyc-Quantachrome* berfungsi mengukur densitas sejati bahan dengan presisi tinggi.

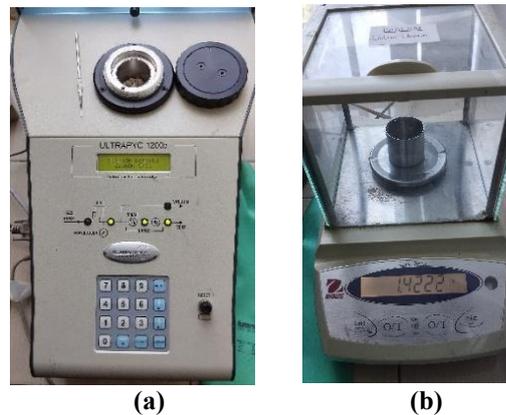
Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan spesimen pelet katalis adalah zeolit alam dan kaolin. Zeolit alam yang digunakan diperoleh dari Gunung Kidul, Indonesia. Zeolit ini umumnya berbentuk batuan dan memiliki sifat fisik serta kimia yang menguntungkan untuk aplikasi katalis, seperti kemampuan penyerapan dan kestabilan termal yang baik. Selain itu, kaolin juga digunakan sebagai bahan pendukung dalam campuran. Kaolin memiliki warna putih atau abu-abu muda dengan tekstur yang lembut dan sifat non-abrasif. Fungsi kaolin dalam penelitian ini adalah sebagai bahan pengikat yang membantu menyatukan partikel dalam campuran agar membentuk pelet yang kompak dan stabil.

Pada penelitian ini, kedua bahan tersebut digunakan dengan variasi ukuran partikel menggunakan mesh 60, 120, dan 250. Selain itu, variasi persentase kaolin juga diterapkan sebanyak 20%, 30%, dan 40% dari total bahan. Campuran zeolit dan kaolin kemudian diproses dan dibentuk menjadi pelet, yang selanjutnya melalui proses kalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$ ,  $550^\circ\text{C}$ , dan  $600^\circ\text{C}$  untuk mengamati pengaruh temperatur terhadap karakteristik fisik pelet katalis.

#### 3.3 Pengujian Densitas

Densitas merupakan pengukuran massa suatu benda per unit volume dengan satuan  $\text{gram/cm}^3$ . Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat neraca analitik dan pycnometer ultrapyc-quantachrome yang dilakukan di

Laboratorium Advanced Materials Universitas Diponegoro. Nilai volume pelet katalis dihitung menggunakan pycnometer dan digabungkan dengan nilai massa dari neraca analitik untuk menghasilkan nilai densitas dari setiap variasi pelet zeolit alam. Untuk proses pengujian densitas dan pengukuran massa pelet katalis ditunjukkan pada Gambar 1.



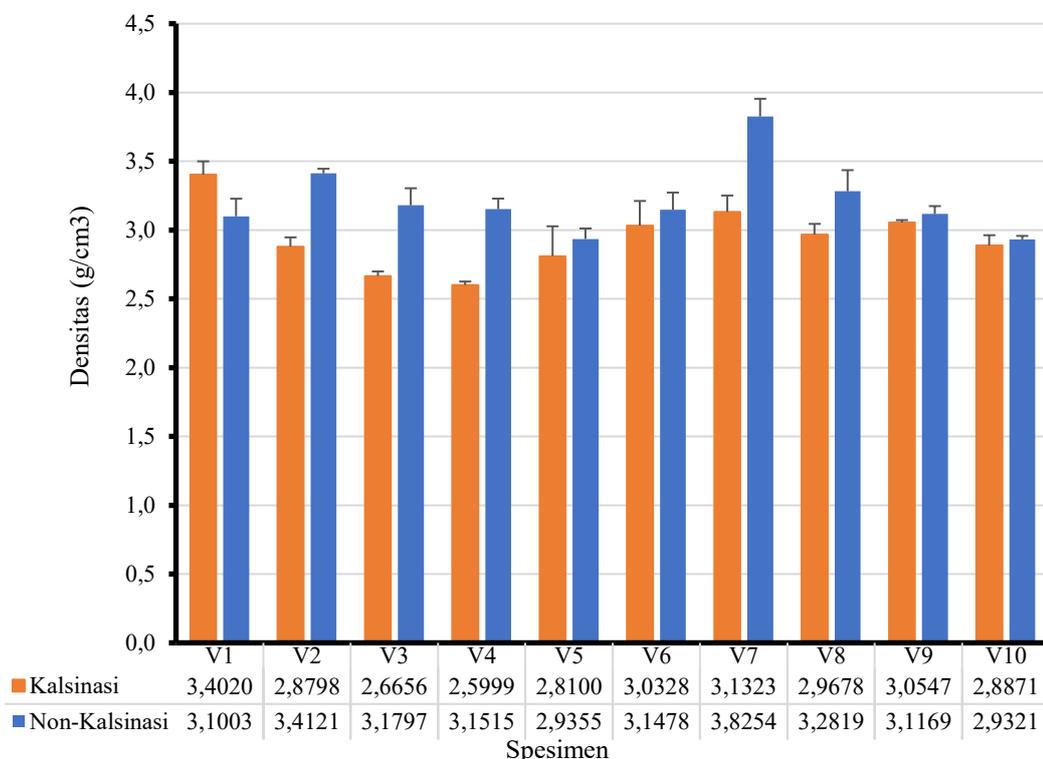
**Gambar 1.** Proses pengujian Densitas (a) pengukuran volume (b) pengukuran massa

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini menyajikan hasil dan pembahasan penelitian yang telah dilakukan mengenai pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik fisik pelet katalis zeolit alam, khususnya terkait dengan perubahan densitas dan porositas.

##### 4.1 Hasil Pengujian Densitas

Berdasarkan hasil pengujian densitas pada pelet katalis zeolit alam baik dalam kondisi non-kalsinasi maupun setelah kalsinasi pada suhu 500°C, 550°C, dan 600°C, data tersebut kemudian divisualisasikan dalam bentuk diagram batang yang diperlihatkan pada Gambar 2. Diagram tersebut menggambarkan perbandingan densitas dari sepuluh spesimen pelet katalis dengan kode V1 hingga V10.



**Gambar 2.** Grafik Hasil Uji Densitas

Dari grafik dapat dilihat bahwa densitas pelet pada kondisi non-kalsinasi umumnya lebih tinggi dibandingkan dengan pelet yang melalui proses kalsinasi pada sebagian besar spesimen. Hal ini menunjukkan bahwa proses kalsinasi,

yang melibatkan pemanasan pada suhu tinggi, menyebabkan penurunan densitas material. Penurunan densitas tersebut berkaitan dengan terbentuknya pori-pori baru atau peningkatan ukuran pori dalam struktur pelet sehingga menghasilkan ruang kosong yang lebih banyak di dalam material. Sebaliknya, densitas pada pelet yang mengalami kalsinasi cenderung berada pada rentang yang lebih rendah, berkisar antara sekitar 2,6 hingga 3,4 g/cm<sup>3</sup>, sedangkan densitas pelet non-kalsinasi berkisar lebih tinggi, yakni antara 2,9 hingga 3,8 g/cm<sup>3</sup>. Ini menegaskan bahwa proses kalsinasi berperan penting dalam meningkatkan porositas material katalis.

#### 4.2 Analisis Hasil Pengujian

Berdasarkan hasil uji diatas kalsinasi pada suhu 500°C dan 550°C, terjadi penurunan densitas yang cukup signifikan dibandingkan kondisi non-kalsinasi, yang menunjukkan peningkatan porositas akibat penghilangan molekul air dan senyawa volatil yang efektif. Di antara keduanya, suhu 550°C menunjukkan nilai densitas yang cenderung paling rendah secara rata-rata pada sampel, yang mengindikasikan bahwa pengosongan pori dan pembentukan struktur berpori lebih maksimal di suhu ini. Pada suhu 600°C, densitas cenderung stabil atau sedikit naik kembali, mungkin karena terjadinya penyusutan struktur pori akibat pelapukan termal. Sehingga kalsinasi pada suhu 550°C menghasilkan porositas yang optimal untuk aplikasi adsorpsi dan katalisis. Selain itu Parameter kompaksi dan mesh berperan dalam menentukan kepadatan awal material, dimana kompaksi lebih tinggi dan mesh lebih kecil biasanya menghasilkan densitas lebih tinggi dan kandungan kaolin berpengaruh pada pembentukan pori selama kalsinasi, dengan persentase lebih tinggi (40%) cenderung meningkatkan porositas akhirnya.

Dari hasil uji densitas diatas dapat disimpulkan sementara bahwa proses kalsinasi mengurangi nilai densitas pelet katalis karena terjadi pelepasan komponen volatile dan peningkatan porositas.

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari Analisis porositas yang telah dilaksanakan terhadap pelet katalis zeolit alam gunungkidul dengan pengaruh kalsinasi, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari hasil uji densitas menunjukkan penurunan densitas signifikan pada sampel yang dikalsinasi pada suhu 500°C dan 550°C mengindikasikan peningkatan porositas material yang dibuktikan dengan densitas terendah pada rata-rata sampel kalsinasi pada suhu tersebut. Sehingga lebih efektif dalam meningkatkan luas permukaan dan porositas zeolite alam untuk optimasi sifat adsorpsi dan aktivitas katalitik.

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Aziz, I., Nurbayati, S., & Rahman, A. (2012). Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(4), 511–515. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i4.268>.
- [2] Kurniasari, L. (2010). Potensi Zeolit Alam sebagai Adsorben Air pada Alat Pengereng. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 6(1).
- [3] Setiawan, Y., Mahatmanti, F. W., & Hanis, H. (2018). Preparasi dan Karakterisasi Nanozeolit dari Zeolit Alam Gunungkidul dengan Metode Top-Down. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(1), 43-49.
- [4] Nugroho, R. A., Iskandar, N., & Sulardjaka. (2023). Pengaruh kalsinasi pelet katalis zeolit alam pada kekuatan mekanis dengan binder kaolin. 11(4), 205–210.
- [5] Laila, L., & Listiana, O. (2017). Kaji Eksperimen Angka Asam Dan Viskositas Biodiesel Berbahan Baku Minyak Kelapa Sawit Dari Pt Smart Tbk. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi* <https://doi.org/10.36048/jtpii.v2i1.2245>
- [6] Sari, T. I. W., Muhsin, M., & Wijayanti, H. (2016). Pengaruh metode aktivasi pada kemampuan kaolin sebagai adsorben besi (Fe) air sumur garuda. *Konversi*, 5(2), 20-25.
- [7] Ridha, M., & Darminto, D. (2016). Analisis densitas, porositas, dan struktur mikro batu apung lombok dengan variasi lokasi dan kedalaman. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 12(3).
- [8] Mikhailov, K. V., et. al., 1992, *Polymer concretes and their structural uses*, Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, No. 1, pp. 311-317;
- [8] Zendelska, A., Golomeova, M., Jakupi, Š., Lisičkov, K., Kuvendžiev, S., & Marinkovski, M. (2018). Characterization and application of clinoptilolite for removal of heavy metal ions from water resources. *Geologica Macedonica*, 32(1), 21-32.
- [9] Ardiyanto, A., Iskandar, N., & Sulardjaka, S. (2023). PENGARUH PERSENTASE BINDER TANAH LIAT TERHADAP DENSITAS PELET KATALIS ZEOLIT ALAM. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 11(1), 40-43.
- [10] Afidah, L. T., & Khamidinal, K. (2019). Pengaruh variasi temperatur kalsinasi zeolit alam terhadap kemampuan adsorpsi limbah fenol. *Indonesian Journal of Materials Chemistry*, 2(2), 35-42.