

PENGARUH PERSENTASE *BINDER* TANAH LIAT TERHADAP DENSITAS PELET KATALIS ZEOLIT ALAM

Aditya Ardiyanto¹, Norman Iskandar², Sulardjaka²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

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

*E-mail: adityardiyanto@gmail.com

ABSTRAK

Katalis heterogen merupakan alternatif pengganti penggunaan katalis homogen yang menghasilkan masalah tidak dapat digunakan berulang dan susah dipisahkan dari hasil reaksi. Penggunaan katalis heterogen berbentuk pelet adalah pilihan terbaik karena dapat digunakan berulang, stabil pada suhu tinggi, mudah dipisahkan dari hasil reaksi dan dapat divariasikan dalam bentuk dan campuran sesuai kebutuhan. Salah satu bahan pembuatan pelet katalis untuk biodiesel adalah zeolit alam yang merupakan mineral berpori yang banyak memiliki kegunaan dan mudah ditemukan di Indonesia. Kekuatan dan keseragaman dari suatu pelet dapat diperoleh dengan memperhatikan proses pembuatan, metode pembuatan dan bahan baku awal dari pelet katalis. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh densitas dari pelet katalis zeolit alam yang ditambahkan *binder* tanah liat. Untuk mengetahui pengaruh densitas dari pelet katalis, dalam penelitian ini dilakukan pengujian densitas menggunakan *pycnometer ultrapyc-quantachrome* dan metode analisis yang digunakan yaitu *analysis of variance*. Dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa, persentase *binder* tanah liat tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas pelet katalis zeolit alam.

Kata kunci: *binder* tanah liat; katalis heterogen; pelet katalis; uji densitas; zeolit alam

ABSTRACT

Heterogeneous catalysts are an alternative to the use of homogeneous catalysts which produce problems that cannot be used repeatedly and are difficult to separate from the reaction products. The use of heterogeneous catalysts in the form of pellets is the best choice because they can be used repeatedly, are stable at high temperatures, are easily separated from the reaction products and can be varied in form and mixture as needed. One of the ingredients for making catalyst pellets for biodiesel is natural zeolite which is a porous mineral that has many uses and is easy to find in Indonesia. The strength and uniformity of a pellet can be obtained by observing the manufacturing process, manufacturing method and the initial raw material of the catalyst pellets. This research was conducted with the aim to determine the effect of density of natural zeolite catalyst pellets added with clay binder. To determine the effect of the density of the catalyst pellets, in this study a density test was carried out using an ultrapyc-quantachrome pycnometer and the analytical method used was analysis of variance. From the results of the research conducted, it was concluded that clay binder had no significant effect on the density of natural zeolite catalyst pellets.

Keywords: *catalyst pellets; clay binder; density test; heterogeneous catalyst; natural zeolite*

1. Pendahuluan

Katalis didefinisikan suatu zat untuk memperlaju reaksi kimia mendekati kesetimbangan tanpa ada perubahan kimia seperti dikonsumsi atau dihancurkan pada akhir reaksi. Katalis melakukannya reaksi dengan terbentuk hubungan antara molekul yang bereaksi dengan membiarkannya bereaksi terhadap produk, yang terlepas dari katalis, dan membiarkannya tidak berubah sehingga tersedia untuk reaksi berikutnya. Reaksi katalitik adalah peristiwa di mana katalis mengambil bagian dan diperoleh kembali dalam bentuk aslinya pada akhir siklus [1]. Katalis juga memiliki tiga variasi bentuk dipasaran, yaitu serbuk, cair dan pelet. Penggunaan katalis berbentuk pelet adalah pilihan terbaik karena tidak hanya menghilangkan kekurangan dari katalis serbuk, tetapi juga meningkatkan kekuatan dari katalis serbuk itu sendiri, membuatnya tidak mudah dihancurkan dan memungkinkannya untuk bervariasi dalam bentuk dan campuran sesuai kebutuhan [2]. Katalis memiliki beberapa peranan yaitu mengurangi penghalang energi aktivasi; mempercepat produksi; mengurangi suhu proses; menghasilkan senyawa yang meta-stabil; meningkatkan baik reaksi maju maupun mundur sambil tetap menjaga konstanta kesetimbangan (kp atau kc) [3].

Katalis dikategorikan menjadi dua yaitu homogen dan heterogen. Katalis homogen digambarkan sebagai katalis mudah larut dalam reaktan dan produk reaksi. Sedangkan tidak mudah larut pada produk reaksi yaitu katalis heterogen [4]. Penggunaan katalis yang paling sering dipakai saat ini adalah katalis homogen karena memiliki ketersediaan yang tinggi. Namun, katalis homogen menghasilkan masalah korosi dengan tidak dapat digunakan kembali dan beberapa langkah pemrosesan, termasuk reaksi dua langkah, penghilangan katalis residu, dan pemisahan produk. Katalis heterogen telah ditambah untuk mengatasi kelemahan dari sistem homogen karena proses heterogen ini akan memberikan keuntungan yang signifikan dari jumlah produksi air limbah yang lebih rendah dan penggunaan kembali katalis [5].

Zeolit adalah zat kristal alumina silikat terhidrasi yang mengandung logam alkali atau alkali tanah yang membentuk kerangka tiga dimensi dari tetrahedral $[\text{SiO}_4]_4^-$ dan $[\text{AlO}_4]_5^-$ dan mengandung rongga yang diisi dengan ion logam, biasanya alkali tanah dan molekul air yang mengalir bebas [6]. Zeolit dapat dikategorikan ada dua macam yaitu zeolit sintesis dan zeolit alam. Meskipun zeolit sintetis lebih mahal, namun zeolit sintetis lebih sering digunakan daripada zeolit alam karena memiliki nilai kemurnian dan keseragaman pori yang lebih besar. Zeolit sintesis menghasilkan efisiensi adsorpsi yang besar dibanding zeolit alam saat adsorpsi zat warna [7]. Di antara sifat-sifat zeolit sintetis, distribusi ukuran pori merupakan fitur penting untuk mengkarakterisasi bahan ini. Berbeda dengan zeolit sintetis, zeolit alam menampilkan berbagai komposisi mineralogi dan kimia, struktur kristal, dan diameter pori, yang membatasi aplikasinya jika fitur yang lebih homogen diperlukan untuk memastikan efisiensi tinggi. [8]. Zeolit cocok sebagai katalis karena struktur kristalnya yang berpori, luas permukaan yang tinggi, dan tingkat keasaman yang tinggi. Sebagai katalis untuk perengkahan, alkilasi, isomerisasi, dan esterifikasi, zeolit banyak digunakan dalam industri [9].

Karena kemiripannya dengan bahan bakar mesin diesel, maka biodiesel dipandang sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi di sektor energi. Secara kimia, biodiesel adalah senyawa metil ester rantai panjang yang dapat dibuat dengan mentransfer esterifikasi lemak nabati atau hewani Untuk menurunkan suhu reaksi dan memodifikasi selektivitas produk reaksi, metode ini biasanya dilakukan dengan bantuan basa homogen atau katalis asam. metode homogen membuatnya sulit untuk memisahkan katalis dari hasil akhir reaksi karena reaktan, katalis, dan metil ester semuanya dalam fase cair [10]. Penggunaan katalis heterogen merupakan alternatif pengganti penggunaan katalis homogen untuk biodiesel karena ekonomis, stabil pada suhu tinggi, memiliki pori-pori besar dan memiliki keunggulan seperti ramah lingkungan, selektivitas, tidak korosif, aktivitas dan mudah dipisahkan dari produk leleh. Katalis heterogen menunjukkan kekuatan, daya tahan, dan potensi yang luar biasa, mampu membebaskan asam lemak hingga 40% [11]. Ada faktor katalis yang diperhitungkan saat menentukan apakah suatu katalis cocok untuk produksi biodiesel yaitu aktivitas, merupakan kapasitas katalis mengubah reaktan menjadi produk sesuai keinginan; selektivitas, merupakan kapasitas katalis untuk memperlaju hanya satu reaksi di antara banyak reaksi yang terjadi sehingga produk yang dimaksud bisa dicapai pada produk sampingan sekecil mungkin; stabilitas, khususnya berapa lama katalis dapat mempertahankan tingkat aktivitas dan selektivitas aslinya [12].

Dalam pembuatan katalis zeolit dalam bentuk pelet, diperlukan beberapa proses seperti *crushing*, *meshing*, aktivasi, hingga kompaksi. Pelet katalis zeolit alam yang akan dibuat perlu ditambahkan bahan pengikat atau *binder* agar pelet tersebut tidak mudah hancur. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh persentase *binder* tanah liat terhadap densitas pelet katalis zeolit alam dengan menggunakan metode *analysis of variance*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1. Bahan Penelitian

Dalam pembuatan pelet katalis untuk mempercepat proses pembuatan biodiesel, terdapat bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu zeolit alam dan *binder* tanah liat yang didapatkan di pasaran Indonesia. Zeolit yang didapatkan di pasaran berbentuk batuan, kemudian dilakukan proses *crushing* untuk mengubah batuan menjadi serbuk. Zeolit dan *binder* tanah liat di panaskan dengan suhu 110°C selama 3 jam untuk menghilangkan kadar air. Setelah serbuk telah kering, dilakukan proses *meshing* zeolit dan *binder* tanah liat dengan ukuran 60 *mesh*, 120 *mesh*, dan 250 *mesh*. Proses selanjutnya adalah mencampurkan zeolit dengan *binder* tanah liat dengan persentase 20%, dan 30% menggunakan alat *magnetic stirrer* dengan kecepatan putaran 500 Rpm selama 5 menit.

2.2. Proses Produksi Pelet Katalis

Pada proses produksi pelet katalis dilakukan dengan metode kompaksi menggunakan alat *hydraulic press machine* Krisbow. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan diameter ± 5 mm. Beban penekanan yang digunakan sebesar 1,5 ton metrik. Proses produksi diawali dengan memasukan bahan ke dalam cetakan, selanjutnya bahan ditekan sesuai beban tekan yang ditentukan, kemudian dilakukan *holding time* selama 20 detik supaya bahan ditekan secara maksimal. Setelah pelet selesai dicetak, dilakukan perlakuan kalsinasi dengan suhu 550°C selama 3 jam untuk menghilangkan zat pengotor dan kadar air pada pelet.

2.3. Pengujian Pelet Katalis

Untuk mengetahui kerapatan massa pelet katalis dilakukan pengujian densitas menggunakan alat *pycnometer ultrapyc-quantacrom*. Alat ini secara akurat mengukur kerapatan massa bahan padat yang sebenarnya dengan

menggunakan prinsip perpindahan fluida *archimedes*, dan hukum ekspansi gas *boyle*. Pengujian alat ini diawali dengan pengukuran massa pelet katalis menggunakan *analytical balance*, kemudian massa pelet katalis di *input* ke alat *pycnometer*. Alat ini mengukur volume pelet katalis menggunakan *gas helium* dengan cara memasukan gas bertekanan tertentu ke dalam *pycnometer*. *Pycnometer* mengukur volume ruangan total sebelum berisi pelet, dikurangi volume ruangan ketika ada pelet, dari hal itu diketahui nilai volume pelet katalis. Setelah pengukuran volume pelet, *pycnometer* secara otomatis mengetahui nilai densitas dari massa pelet yang telah di *input* dibagi nilai volume pelet. *Pycnometer* melakukan pengujian ini berulang hingga mendapatkan nilai densitas yang stabil dan sesuai dengan nilai deviasi target yang sudah ditetapkan. Pada Gambar 1 ditunjukkan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian densitas.



Gambar 1. *Pycnometer Ultrapyc-Quantacrom*.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengukuran Geometri

Pengukuran geometri yaitu seperti diameter, tinggi dan massa dilakukan untuk mengetahui spesifikasi pelet katalis yang telah dibuat dan nilai massa yang akan di *input* ke alat *pycnometer ultrapyc-quantachrome* sebagai langkah awal pengujian densitas. Proses ini dilakukan dengan menggunakan bantuan alat pengukur yaitu *vernier caliper digital* dan *analytical balance*. Pengukuran pelet katalis dilakukan sebanyak 5 sampel untuk mendapatkan nilai rata - rata hasil pengukuran. Hasil pengukuran diameter, tinggi, dan massa pelet katalis ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengukuran Geometri Pelet Katalis Zeolit Alam Dengan Perlakuan Kalsinasi.

Kompaksi (Ton)	Ukuran Meshing	Persentase Tanah Liat	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Massa (g)
1,5	60	20%	5,26	6,42	0,2203
		30%	5,26	6,20	0,2197
	120	20%	5,24	6,33	0,2201
		30%	5,19	6,19	0,2227

3.2. Pengujian Densitas

Pengujian densitas bertujuan untuk mendapatkan nilai besaran kerapatan massa pelet katalis dalam berat pelet per satuan volume. Pengujian densitas menggunakan alat *pycnometer ultrapyc-quantachrome* dengan satuan g/cm^3 . Hasil pengujian densitas pelet katalis zeolit alam dengan *binder* tanah liat dengan perlakuan kalsinasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Densitas.

Kompaksi (Ton)	Ukuran Meshing	Persentase Tanah Liat	Volume (cm^3)	Densitas (g/cm^3)
1,5	60	20%	0,0741	2,9754
		30%	0,0710	3,0948
	120	20%	0,0702	3,1402
		30%	0,0711	3,1371

3.3. Analysis of Variance

Analysis of variance digunakan untuk melihat perbandingan rata-rata dari *binder* tanah liat terhadap densitas pelet katalis zeolit alam. Variasi yang digunakan yaitu variasi *binder* tanah liat 20% , dan 30%, variasi ukuran *meshing* 60 (250 *micron*), 120 (125 *micron*) dengan perlakuan kalsinasi serta beban tekanan kompaksi sebesar 1,5 ton metrik.

Tabel 3. Ringkasan Statistik Deskriptif Pengaruh Persentase *Binder* Tanah Liat Terhadap Densitas Pelet Katalis Zeolit Alam.

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Tanah Liat 20%	2	6,1156	3,0578	0,0136
Tanah Liat 30%	2	6,2319	3,1160	0,0009

Tabel 4. Hasil Uji *Anova* Terkait Pengaruh Persentase *Binder* Tanah Liat Terhadap Densitas Pelet Katalis Zeolit Alam.

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Persentase Tanah Liat	0,0034	1	0,0034	0,4672	0,5648	18,5128
Error	0,0145	2	0,0072			
Total	0,0179	3				

Dari analisis *anova* didapatkan nilai $F = 0,4672$ dan nilai $F_{critical} = 18,5128$. Karena nilai $F < F_{critical}$, dapat disimpulkan bahwa persentase *binder* tanah liat tidak berpengaruh secara signifikan terhadap densitas pelet katalis zeolit alam. Hal ini juga didukung dengan nilai $P\text{-value} = 0,5648$ dimana $P\text{-value} > 0,05$. Akan tetapi, dilihat dari nilai rata-rata densitas mengalami kenaikan dari $3,0578 \text{ g/cm}^3$ pada tanah liat 20% hingga $3,1160 \text{ g/cm}^3$ pada tanah liat 30% dimana nilai tersebut meningkat namun pada analisis *anova* dikatakan tidak berpengaruh karena kenaikan nilai densitas tidak terlalu besar atau signifikan.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian densitas dan analisis *anova* yang telah dilaksanakan terhadap pelet katalis zeolit alam yang ditambahkan persentase *binder* tanah liat, diperoleh bahwa *binder* tanah liat tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas pelet katalis zeolit alam. Nilai F , F_{crit} , dan $P\text{-value}$ dari *anova* juga membuktikan bahwa penambahan *binder* tanah liat pada pelet katalis zeolit tidak berpengaruh signifikan terhadap densitas pelet katalis zeolit alam. Dilihat dari nilai rata-rata densitas, nilai densitas naik dari tanah liat 20% ke tanah liat 30% tetapi dari *anova* dikatakan tidak berpengaruh karena kenaikan nilai densitas tidak terlalu besar atau signifikan.

5. Daftar Pustaka

- [1] S. M. A. Othman, "Catalysts of the preparation and industrial importance of catalysis and catalyst deactivation International Journal of Advanced Chemistry Research," no. February, 2020.
- [2] D. Bazer-Bachi, B. Harbuzaru, and E. Lecolier, "Zeolite formed by extrusion and pelleting with a hydraulic binder having improved mechanical properties and process and preparing same," vol. 1, no. 19, pp. 1–5, 2016.
- [3] R. K. Widi, *Pemanfaatan Material Anorganik: Pengenalan dan Beberapa Inovasi di bidang Penelitian*. 2018.
- [4] Hartati, et al., "C05. Selective Hierarchical Aluminosilicate for.pdf," *Indonesian Journal of Chemistry*, vol. 19, no. 4, pp. 975–984, 2019.
- [5] P. Khemthong *et al.*, "Industrial eggshell wastes as the heterogeneous catalysts for microwave-assisted biodiesel production," *Catal. Today*, vol. 190, no. 1, pp. 112–116, 2012, doi: 10.1016/j.cattod.2011.12.024.
- [6] M. Gougazeh and J. C. Buhl, "Synthesis and characterization of zeolite A by hydrothermal transformation of natural Jordanian kaolin," *J. Assoc. Arab Univ. Basic Appl. Sci.*, vol. 15, no. 1, pp. 35–42, 2014, doi: 10.1016/j.jaubas.2013.03.007.
- [7] I. Solihat, L. Sulistiawaty, P. H. Syaifie, and A. Taufiq, "Removal of Cu metals from wastewater by adsorption using synthetic zeolites from rice husk and corncob," *Molekul*, vol. 15, no. 2, pp. 105–113, 2020, doi: 10.20884/1.jm.2020.15.2.589.
- [8] L. F. De Magalhães, G. R. Da Silva, and A. E. C. Peres, "Zeolite Application in Wastewater Treatment," *Adsorpt. Sci. Technol.*, vol. 2022, 2022, doi: 10.1155/2022/4544104.
- [9] M. Bussar and T. Warsito, "Pengaruh Penambahan Oksida Logam Terhadap Sisi Keasaman Pada Zeolit ZSM-5," vol. 8, no. June, pp. 5–8, 2019.
- [10] R. I. Kusuma, J. Hadinoto, A. Ayucitra, and S. Ismadji, "Pemanfaatan zeolit alam sebagai katalis murah dalam proses pembuatan biodiesel dari minyak kelapa sawit," *Semin. Nas. Fundam. dan Apl. Tek. Kim.* 2011, 2011.
- [11] M. Al Muttaqii, M. Amin, E. Prasetyo, R. Alviany, and L. Marlinda, "Production of biodiesel over ZnO-TiO₂bifunctional oxide catalyst supported on natural zeolite," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 926, no. 1, pp. 0–6, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/926/1/012083.
- [12] D. S. P. Handoko, "Aktivitas Katalis Cr / Zeolit dalam Reaksi Konversi Katalitik Fenol dan Metil Isobutil Keton (Activity of Cr / Zeolite Catalyst in Catalytic Conversion of Phenol and Methyl Isobutyl Ketone)," vol. 4, no. 2, pp. 70–76, 2003.