

EFEK PENAMBAHAN BINDER BENTONIT TERHADAP KEKUATAN KATALIS ZEOLIT ALAM

*Alif Athallah^a, Norman Iskandar^a, Sulardjaka^a

^aDepartemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Soedarto, SH, Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email: athallahalif99@gmail.com

ABSTRAK

Zeolit alam merupakan mineral berpori yang dapat digunakan sebagai katalis padat, dan sumber daya alam Indonesia yang melimpah membuat zeolit dapat memiliki aplikasi di dunia industri, khususnya di dunia industri sebagai katalis. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menggali potensi zeolit alam sebagai katalis dalam bentuk padat (pelet) mengingat zeolit belum diaplikasikan sebagai katalis dan masih banyak kekurangan dalam katalisis homogen. Untuk melakukan penelitian ini, zeolit mendapatkan variasi selama proses pembuatannya yaitu variasi kompaksi, meshing, dan persentase bahan pengikat. Untuk mengetahui sifat mekanik, pengujian yang dilakukan yaitu pengujian kompresi atau uji kuat tekan. Metode yang digunakan dalam pengujian kompresi adalah Side Crush Strength (SCS). Dari pengujian yang dilakukan diperoleh kesimpulan bahwa, penambahan bahan pengikat bentonit pada pelet katalis zeolit alam Asal Indonesia memiliki dampak terhadap kekuatan tekan nya.

Kata kunci : bentonit; katalis heterogen; pellet; uji kompresi; zeolit alam

ABSTRACT

Natural zeolite is a porous mineral that can be used as a solid catalyst, and Indonesia's abundant natural resources make zeolite able to have applications in the industrial world, especially in the industrial world as a catalyst. This research was conducted with the aim of exploring the potential of natural zeolite as a catalyst in solid form (pellet) considering that zeolite has not been applied as a catalyst and there are still many shortcomings in homogeneous catalysis. To conduct this research, zeolites get variations during the manufacturing process, namely variations in compaction, meshing, and percentage of binder. To determine the mechanical properties, the tests carried out are compressive tests or compressive strength tests. The method used in compression testing is Side Crush Strength (SCS). From the tests carried out, it was concluded that the addition of bentonite binder to natural zeolite catalyst pellets from Indonesia had an impact on its compressive strength.

Keywords : bentonite; compression test; heterogeneous catalyst; natural zeolite; pellet

1. Pendahuluan

Belakangan ini sumber energi merupakan salah satu permasalahan yang menjadi perhatian dunia, terutama di Indonesia. Salah satunya adalah permasalahan tentang sumber energi tak terbarukan yang dimana kebutuhannya selalu meningkat sementara ketersediaan sumbernya sangat terbatas. Oleh karena itu untuk menyelesaikan masalah tersebut, diperlukan suatu solusi yaitu dengan mengembangkan pemanfaatan sumber energi terbarukan. Salah satu tujuan dari pemanfaatan energi terbarukan selain untuk mengurangi intensitas pemakaian bahan bakar fosil adalah untuk menciptakan energi yang bersih dan ramah lingkungan [1].

Pemanfaatan batuan dan mineral alam untuk kebutuhan energi menjadi penelitian yang populer ditengah kampanye energi baru terbarukan. Batuan dan mineral banyak dimanfaatkan untuk pembuatan sebuah katalis. Katalis merupakan suatu substansi yang dapat meningkatkan kecepatan, sehingga reaksi kimia dapat mencapai kesetimbangan tanpa terlibat di dalam reaksi secara permanen. Namun pada akhir reaksi katalis tidak bergabung dengan senyawa produk reaksi. Adanya katalis dapat mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi seperti laju reaksi, energi aktivasi, sifat dasar keadaan transisi dan lain-lain [2].

Katalis sering kali digunakan dalam berbagai bidang perindustrian, salah satunya dalam produksi biodiesel. Dalam pembuatan biodiesel, dibutuhkan sebuah katalis karena reaksi yang terjadi pada proses pembuatan biodiesel cenderung berjalan lambat. Katalis digunakan untuk mempercepat reaksi pada biodiesel. Salah satu bahan baku yang bisa digunakan sebagai katalis adalah zeolit. Material zeolit saat ini telah banyak digunakan dalam beberapa aplikasi diantaranya adalah sebagai katalis, adsorben, penukar ion, dan beberapa fungsi lainnya yang mampu memberi keuntungan [3].

Katalis dibagi menjadi dua yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang larut

dalam reaktan dan/atau hasil reaksi. Sedangkan katalis heterogen tidak larut dalam reaktan dan/atau hasil reaksi [4]. Penelitian mengenai potensi katalis untuk mereaksikan transesterifikasi minyak menjadi biodiesel baik katalis homogen atau katalis heterogen digunakan untuk mempercepat proses [5]. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa penerapan katalis homogen memiliki aktivitas katalitik yang tinggi tetapi tidak dapat digunakan kembali, biaya pemisahan yang membuat *overprice*, sifat korosi yang tinggi, dan residu dapat berdampak buruk [6].

Dalam pengaplikasiannya, katalis heterogen sering digunakan dalam bentuk serbuk atau padatan (pelet atau tablet). Penggunaan katalis dalam bentuk serbuk memiliki kekurangan yaitu berupa serbuk yang mudah larut jika dicampur dengan cairan yang dapat menyebabkan penyumbatan dan penurunan tekanan [7]. Katalis dalam bentuk pelet dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada katalis serbuk. Selain menghilangkan kekurangan dari katalis serbuk juga berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dari zeolit sehingga tidak mudah hancur dan bisa dimodifikasi bentuk dan campurannya sesuai kebutuhan [8].

Dalam proses aglomerasi pembuatan pelet diperlukan zat perekat yang biasa disebut Binder yang berfungsi untuk mengikat serbuk zeolit sehingga dapat meningkatkan kekuatan tekan pellet. Bentonit merupakan salah satu jenis binder yang paling banyak digunakan pada proses peletisasi bijih besi, batuan, dan yang lainnya. Bentonit memberikan sifat fisik, mekanik dan metalurgis yang cukup baik. Bentonit merupakan clay yang sebagian besar terdiri dari montmorillonit dengan mineral-mineral seperti kwarsa, kalsit, dolomit, feldspar, dan mineral lainnya. Bentonit berbeda dari clay lainnya karena hampir seluruhnya (75%) merupakan mineral monmorillonit. Terdiri dari partikel yang sangat kecil sehingga hanya dapat diketahui melalui studi menggunakan XRD (X-Ray Diffraction) [9].

Dalam pembuatan katalis zeolite dalam bentuk pellet, diperlukan beberapa proses seperti crushing, meshing, aktivasi, kalsinasi, hingga kompaksi [10]. Akan tetapi jika dalam bahannya hanya menggunakan zeolite saja, pellet tersebut akan mudah hancur. Oleh karena itu perlu ditambahkan bahan pengikat atau binder agar pelet tersebut tidak mudah hancur. Peneliti telah banyak menguji penggunaan berbagai jenis binder pada pembuatan pelet. Mulai dari pellet pakan udang, ternak, pellet bijih besi, dan yang sebagainya. Akan tetapi masih jarang sekali yang melakukan penelitian dengan menggunakan binder jenis bentonit. Berangkat dari hal tersebut, pada pengujian kali ini peneliti akan membandingkan kinerja dari 3 variasi persentase binder bentonit yang berbeda pada pembuatan pellet katalis zeolite.

2. Material dan Metode Penelitian

2.1 Material Benda Kerja

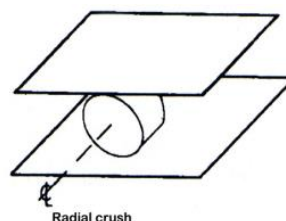
Material benda kerja yang digunakan dalam studi ini adalah zeolit alam dan bentonit yang dapat ditemukan di pasaran Indonesia. Kedua material tersebut kemudian dihaluskan dengan menggunakan *grinder* sampai menjadi serbuk. Setelah batuan zeolite dihancurkan, serbuk zeolit dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 110 °C selama 3 jam. Setelah itu untuk mendapatkan variasi kandungan bahan pengikat bentonite sebesar 20%, 30%, dan 40%, perlu dilakukan perhitungan dari berat total campuran yaitu sebesar 20 gram untuk selanjutnya dicampurkan dengan serbuk zeolit. Proses pencampuran dilakukan dengan bantuan alat *magnetic stirrer*. Proses pencampuran dilakukan selama 5 menit dengan kecepatan putaran 500rpm dalam suhu ruangan. Setelah dicampurkan, serbuk zeolit siap dicetak menjadi pelet.

2.2 Proses Pelletizing

Pada proses pencetakan pelet digunakan *dies*/cetakan dengan diameter ± 5 mm. Serbuk zeolit ditimbang $\pm 0,5$ gram lalu dimasukkan ke dalam *dies*. Proses pencetakan dilakukan dengan menggunakan alat *hydraulic press* Krisbow milik laboratorium Material Teknik Mesin Undip. Serbuk zeolit yang sudah dimasukkan ke dalam *dies* ditekan dengan tekanan sebesar 1,5 ton dan ditahan selama 20 detik. Setelah proses pencetakan selesai kemudian pelet disimpan di dalam wadah yang diberi *dessicant*. Selanjutnya pelet yang sudah dicetak dapat diuji kekuatan tekan dan laju larutnya.

2.3 Pengujian Pelet

Untuk mengetahui kekuatan tekan pelet maka dilakukan pengujian kompresi menggunakan metode *side crush strength* (SCS) berdasarkan standar ASTM D4179 seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 dimana pelet diletakkan diantara 2 plat logam dengan menggunakan *universal testing machine* GD 1000-100 dan diberikan laju tekanan sebesar 0,5 mm/menit [11].



Gambar 1. Metode Side Crush Strength (SCS)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Fisik

Hasil perhitungan fisik seperti, diameter, tinggi, volume dan densitas dilakukan untuk mengetahui spesifikasi *Pellet* katalis yang telah di buat. Proses perhitungan dilakukan dengan bantuan alat berupa *vernier caliper* dan perhitungan matematis. Proses perhitungan data dilakukan sebanyak 3 kali pada sample *Pellet* katalis zeolite alam yang berbeda. Setelah dilakukan proses perhitungan maka didapatkan nilai rata-rata hasil pengukuran dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perhitungan Fisik Pelet Katalis

Kandungan Bentonit	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Volume (mm ³)	Massa (g)	Densitas (g/mm ³)
0%	5,10	5,83	119	0,1900	1.59×10^{-3}
20%	5,18	6,38	140	0,1885	1.36×10^{-3}
Rata Rata	5,14	6,11	130	0,1846	1.47×10^{-3}

Dari Tabel 1 di atas dapat diketahui bahwa pellet zeolit dengan bentonite 0% memiliki nilai densitas yang lebih tinggi yaitu sebesar 1.5944×10^{-3} , sedangkan pelet dengan kandungan bentonite 20% memiliki nilai densitas yang lebih rendah yaitu sebesar 1.3552×10^{-3} .

3.2 Pengujian Kompresi

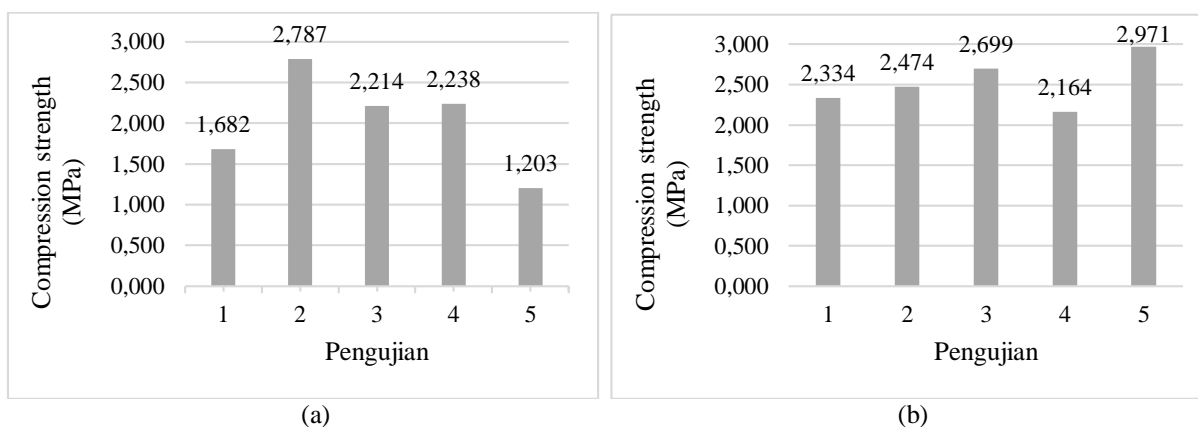
Pengujian kompresi dilakukan untuk mendapatkan nilai ketahanan pelet mampu menerima beban. Pada pengujian ini nilai yang di cari yaitu gaya maksimum atau gaya yang mampu diterima pelet katalis maksimal. Berikut merupakan hasil pengujian kompresi.

Dari hasil pengujian diperoleh nilai gaya maksimum dari 5 kali percobaan di variasi komposisi bahan pengikat (*binder*) 0% dan 20%. Dari 5 kali pengujian dihitung nilai rata rata untuk pelet zeolite alam Asal Indonesia yang nantinya akan digunakan untuk dilihat mana hasil yang terbaik. Nilai uji kompresi yang tinggi sangat diharapkan untuk mendapatkan pellet katalis yang unggul. Untuk variabel terikat nya penguji menggunakan Kompaksi 1,5 Ton dan mesh 250. Tabel 2 memperlihatkan rata-rata hasil pengujian variasi kompaksi dari uji kompresi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Kompresi dengan Variasi Komposisi Bahan Pengikat Bentonit

Asal Zeolit, Binder	Kompaksi (Ton)	Meshing	Komposisi Binder	Pengujian (MPa)				
				1	2	3	4	5
Zeolit, Bentonit	1,5	250	0%	1,682	2,787	2,214	2,238	1,203
			20%	2,334	2,474	2,699	2,164	2,971

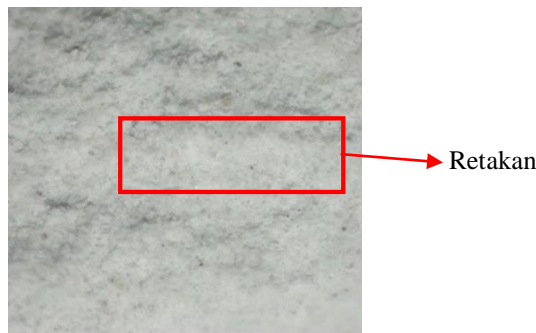
Setelah dilakukan pengujian sebanyak 5 kali dari setiap variasi, diambil nilai rata rata dari ketiga nilai yang mendekati pengujian tersebut. Dari hasil pengujian kompresi, diperoleh perbandingan pengaruh variasi komposisi *binder* 0%, dan 20% dengan nilai gaya maksimum dan nilai kekuatan tekan. Perbandingan nilai hasil rata rata kekuatan tekan dapat dilihat pada Gambar 2 dimana disajikan perbandingan antara grafik perbedaan variasi komposisi *binder* 0%, dan 20%.



Gambar 2. Grafik Hasil Uji Kompresi Nilai Kekuatan tekan dengan Komposisi *Binder* (a) 0% dan (b) 20%.

Dari hasil pengujian 5 sampel diperoleh kekuatan tekan dari varian *binder* 20% lebih tinggi dibandingkan dengan

varian 0%. Pada Gambar 2b menunjukkan bahwa kuat tekan pada variasi 20% memiliki nilai rata-rata yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi pellet tanpa bentonite yaitu sebesar 2,502 MPa dengan nilai kuat tekan tertinggi sebesar 2,971 MPa. Sedangkan pada variasi pellet zeolite tanpa bentonite memiliki nilai kuat tekan rata-rata sebesar 2,413 MPa. Dari hasil pengujian dapat diketahui bahwa dengan penambahan bahan pengikat bentonit pada proses pembuatan pelet pada metode kompaksi akan membuat kekuatan pelet semakin kuat, hal ini dapat dilihat pada tabel kekuatan tekan dimana penambahan bahan pengikat yang digunakan berbanding lurus dengan kekuatan pelet.



Gambar 3. Hasil Foto Makro Pecahan Pelet Variasi Binder 20% Setelah Uji Tekan

Dari hasil foto makro yang sudah dilakukan dapat dilihat bahwa hasil pengujian pelet yang telah dilakukan uji kompresi memiliki permukaan yang tidak rata karena terdapat beberapa retakan. Retakan tersebut dapat diindikasikan sebagai hasil dari lepasnya butir dari pelet katalis zeolit setelah dilakukan pengujian kompresi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kompresi dan waktu larut terhadap *pellet* katalis zeolit alam Asal Indonesia dengan nilai kekuatan tekan dan nilai laju larut diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian pelet zeolit alam Asal Indonesia diperoleh bahwa dengan penambahan bahan pengikat bentonit pada pembuatan pelet zeolit alam dapat mempengaruhi kekuatan tekan pellet yang dihasilkan. Spesimen dengan kandungan bentonit 20% memiliki nilai rata-rata kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan varian pelet tanpa bentonit. Dari data tersebut didapatkan bahwa dengan penambahan bentonit saat pembuatan pelet menyebabkan pelet semakin kuat.

Daftar Pustaka

- [1] M. Azhar and D. A. Satriawan, "Implementasi Kebijakan Energi Baru dan Energi Terbarukan Dalam Rangka Ketahanan Energi Nasional," *Adm. Law Gov. J.*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018, doi: 10.14710/alj.v1i4.398-412.
- [2] Y. Widyawati, "Disain Proses Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi (Estrans) Pada Pembuatan Metil Ester (Biodiesel) DARI MINYAK JARAK PAGAR (*Jatropha curcas.L.*)," 2007.
- [3] L. W. N. Setyaningsih, U. M. Rizkiyaningrum, and R. Andi, "Pengaruh konsentrasi katalis dan," *Teknoin*, vol. 23, pp. 56–62, 2017.
- [4] Hartati *et al.*, "Selective hierarchical aluminosilicates for acetalization reaction with propylene glycol," *Indones. J. Chem.*, vol. 19, no. 4, pp. 975–984, 2019, doi: 10.22146/ijc.40106.
- [5] A. M. Rabie, M. Shaban, M. R. Abukhadra, R. Hosny, S. A. Ahmed, and N. A. Negm, "Diatomite supported by CaO / MgO nanocomposite as heterogeneous catalyst for biodiesel production from waste cooking oil," *J. Mol. Liq.*, vol. 279, pp. 224–231, 2019, doi: 10.1016/j.molliq.2019.01.096.
- [6] Y. C. Chen, D. Y. Lin, and B. H. Chen, "Transesterification of acid soybean oil for biodiesel production using lithium metasilicate catalyst prepared from diatomite," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 79, pp. 31–36, 2017, doi: 10.1016/j.jtice.2017.05.001.
- [7] G. Chen, R. Shan, S. Li, and J. Shi, "A biomimetic silicification approach to synthesize CaO-SiO₂ catalyst for the transesterification of palm oil into biodiesel," *Fuel*, vol. 153, no. March, pp. 48–55, 2015, doi: 10.1016/j.fuel.2015.02.109.
- [8] P. Avenier *et al.*, "Catalytic Reforming: Methodology and Process Development for a Constant Optimisation and Performance Enhancement," *Oil Gas Sci. Technol.*, vol. 71, no. 3, 2016, doi: 10.2516/ogst/2015040.
- [9] F. S. Ekaputra, "Studi Pengaruh Variasi Jenis Binder Terhadap Derajat Reduksi dan Morfologi Briket Pasir Besi Dalam Pembuatan Sponge Iron," 2017, [Online]. Available: <http://repository.its.ac.id/id/eprint/43483>.
- [10] E. David, "Mechanical strength and reliability of the porous materials used as adsorbents/ catalysts and the new development trends," *Arch. Mater. Sci. Eng.*, vol. 73, no. 1, pp. 5–17, 2015.
- [11] J. J. Gilvarry and B. H. Bergstrom, "Fracture of brittle solids. ii. Distribution function for fragment size in single fracture (Experimental)," *J. Appl. Phys.*, vol. 32, no. 3, pp. 400–410, 1961, doi: 10.1063/1.1736017.