

PENGARUH PERSENTASE *BINDER* BENTONIT TERHADAP DENSITAS PELET KATALIS ZEOLIT ALAM

*I Gede Putu Pratama Mahendra Putra¹, 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: putupratama@students.undip.ac.id

Abstrak

Katalis merupakan senyawa kimia yang digunakan untuk mempercepat reaksi mencapai kesetimbangan tanpa mengubah struktur kimia pada akhir reaksi. Katalis sesuai dengan sifatnya dapat dibagi menjadi dua, yaitu katalis heterogen dan katalis homogen. Katalis heterogen dalam bentuk pelet sering digunakan pada aplikasi produksi biodiesel karena memiliki kelebihan dalam aspek kekuatan mekanis, penggunaan berulang, bentuk variatif, dan mudah dalam kontrol. Salah satu pengaplikasian pelet katalis dalam produksi biodiesel adalah dengan menggunakan bahan zeolit alam yang berasal dari batuan yang sumber dayanya melimpah di Indonesia, sehingga pemanfaatan zeolit harus digiatkan. Proses produksi dan pemilihan bahan baku dari pelet katalis zeolit alam akan mempengaruhi karakteristik dan sifat-sifat pelet tersebut. Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi persentase bahan yang diterapkan pada produksi pelet terhadap densitas pelet katalis zeolit alam asal Bandung. Produksi pelet katalis dilaksanakan dari proses penghancuran batuan zeolit, pengayakan serbuk, pencampuran serbuk zeolit dan bahan pengikat, hingga kompaksi serbuk menjadi pelet. Pengujian densitas pelet katalis dilaksanakan dengan menggunakan alat pycnometer, serta data hasil pengujian densitas dianalisis dengan metode *analysis of variance* (ANOVA). Dari penelitian yang dilaksanakan, dihasilkan kesimpulan bahwa persentase kandungan bahan pengikat bentonit pada pelet katalis memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik, dimana peningkatan persentase bahan pengikat bentonit dari 20% hingga 30% memiliki pengaruh terhadap nilai densitas pelet katalis.

Kata Kunci: *anova*; bahan pengikat; pelet katalis; pengujian densitas; zeolit alam

Abstract

Catalysts are chemical compounds used to accelerate reactions to reach equilibrium without changing the chemical structure at the end of the reaction. Catalysts according to their properties can be divided into two, namely heterogeneous catalysts and homogeneous catalysts. Heterogeneous catalysts in the form of pellets are often used in biodiesel production applications because they have advantages in terms of mechanical strength, repeated use, varied shapes, and easy to control. One of the applications of catalyst pellets in biodiesel production is to use natural zeolite materials derived from rocks which are abundant in Indonesia, so the use of zeolite must be intensified. The production process and the selection of raw materials from natural zeolite catalyst pellets will affect the characteristics and properties of these pellets. This research was conducted with the aim to determine the effect of variations in the percentage of ingredients applied to pellet production on the density of natural zeolite catalyst pellets from Bandung. Catalyst pellet production is carried out from the process of crushing zeolite rock, sifting the powder, mixing the zeolite powder and binder, to compacting the powder into pellets. Testing the density of the catalyst pellets was carried out using a pycnometer, and data from the results of the density test were analyzed using the analysis of variance (ANOVA) method. From the research carried out, it was concluded that the percentage of bentonite binder in the catalyst pellet have a significant effect, where an increase in the percentage of bentonite binder from 20% to 30% did have a significant effect on the density value of the catalyst pellet.

Keywords: *anova*; binder; catalyst pellets; density test; natural zeolite

1. Pendahuluan

Katalis adalah suatu senyawa kimia yang digunakan untuk mempercepat suatu reaksi mencapai kesetimbangan tanpa mengubah struktur kimia pada akhir reaksi. Katalis tidak mengubah nilai kesetimbangan, namun hanya berperan dalam menurunkan energi aktivasi. Tujuan penurunan energi aktivasi ini adalah untuk menurunkan energi minimum yang dibutuhkan untuk terjadinya tumbukkan, sehingga reaksi berjalan lebih cepa [1]. Pada akhir reaksi, katalis tidak menyatu

dengan senyawa produk reaksi, namun katalis hanya mempengaruhi faktor-faktor kinetika suatu reaksi, seperti energi aktivasi, laju reaksi, sifat dasar keadaan transisi, dan lain-lain [2].

Secara umum katalis memiliki 3 variasi bentuk, yaitu serbuk, pelet, dan cair. Pemakaian katalis zeolit dalam bentuk serbuk dan cair dapat menyebabkan terjadinya proses deaktivasi, dimana nantinya akan berdampak buruk pada kinerja katalis tersebut. Katalis dalam bentuk serbuk memiliki kekurangan yaitu apabila dicampur dengan cairan akan mudah larut, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan, penurunan tekanan, dan sulitnya pengoperasian reaktor. Dimana penggunaan katalis cair akan membuat produk awal mudah bercampur dengan katalis cair, sehingga mempersulit pemisahan produk awal dan produk akhir, sehingga diperlukan proses tambahan untuk memisahkannya [3]. Maka, penggunaan dari katalis pelet dapat mengatasi permasalahan yang terjadi pada katalis homogen, yaitu katalis cair dan serbuk tersebut. Katalis pelet juga memiliki kelebihan dalam aspek kestabilan mekanis, penggunaan berulang, bentuk variatif, dan lebih mudah dalam kontrol. Kekuatan mekanis dari suatu pelet dapat dibentuk dari proses, metode, dan bahan baku pembuatan pelet tersebut. Untuk zeolit, kekuatan mekanis bergantung pada kekuatan komponen dan metode sintesisnya. Kekuatan mekanis ini merupakan salah satu parameter yang diperhatikan dalam katalis heterogen yang digunakan dalam industri.

Produksi biodiesel memerlukan alkohol untuk memecah rantai trigliserida yang terdapat pada minyak nabati. Jenis alkohol yang biasa digunakan adalah metanol dan etanol. Metanol adalah jenis alkohol yang paling disukai, karena lebih reaktif. Selain itu untuk mendapatkan jumlah biodiesel yang sama, penggunaan etanol harus lebih banyak sebesar 1,4 kali dibandingkan dengan metanol [4].

Sebagian besar produksi bahan bakar biodiesel dilakukan melalui reaksi transesterifikasi, dengan katalis baik homogen maupun heterogen. Katalis yang banyak digunakan dalam memproduksi biodiesel adalah katalis basa homogen, contohnya NaOH, KOH, CH₃ONa dan CH₃OK. Alasan dari pemilihan katalis-katalis ini adalah karena laju reaksi kinetiknya yang relatif lebih tinggi. Namun terdapat kekurangan yaitu tingginya biaya bahan baku olahan dan kesulitan yang terkait dengan penggunaan katalis basa homogen untuk transesterifikasi bahan baku berkualitas rendah untuk produksi biodiesel. Karena kekurangan ini, pengembangan berbagai katalis heterogen mulai meningkat. Dengan pengembangan katalis heterogen, seperti katalis enzim dan katalis padat, diharapkan dapat mengatasi sebagian besar masalah yang terkait dengan katalis homogen ini [5].

Katalis homogen yang umumnya digunakan pada proses produksi biodiesel dengan transesterifikasi trigliserida dan metanol adalah NaOH, KOH, atau metoksidanya, H₂SO₄ dan HCl. Kelemahan katalis ini adalah sulitnya untuk dipisahkan, bersifat korosif, dapat merusak lingkungan, dan menghasilkan limbah yang beracun. Katalis heterogen memberikan banyak keuntungan, contohnya adalah mudah dipisahkan dari produknya dengan menggunakan proses filtrasi (disebabkan karena memiliki fasa yang berbeda dengan produknya), dapat digunakan kembali, mudah diregenerasi, dan lebih ramah lingkungan serta lebih murah dan tidak bersifat korosif [6].

Sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kemajuan teknologi, kebutuhan akan energi utama bahan bakar minyak semakin meningkat. Dari tahun ke tahun, konsumsi BBM secara nasional terus bertambah. Konsumsi BBM nasional setiap harinya mencapai 140.000 hingga 180.000 kiloliter. Meningkatnya kebutuhan akan energi ini menyebabkan eksploitasi dan konsumsi energi dari minyak bumi semakin tinggi, yang juga menyebabkan cadangan minyak bumi semakin menipis [7].

Permasalahan ini memiliki banyak solusi, salah satunya adalah dengan mencari sumber energi terbarukan, dimana sumber energi ini dapat diproduksi secara-terus menerus dan berkesinambungan. Dengan ini, pemerintah mulai memberi perhatian khusus untuk pengembangan bahan bakar nabati (biofuel), yang terdiri dari biodiesel, bioetanol, dan pure plant oil. Pemerintah juga menerbitkan Instruksi Presiden nomor 1 tahun 2006 tanggal 26 Januari 2006 tentang penyediaan dan pemanfaatan bahan bakar nabati sebagai bahan bakar alternatif [7].

Salah satu bahan bakar alternatif yang menjanjikan, tidak memiliki efek terhadap kesehatan, dan bersifat ramah lingkungan adalah biodiesel. Biodiesel juga dapat menurunkan emisi apabila dibandingkan dengan minyak diesel. Penggunaan biodiesel dapat digunakan secara murni ataupun dicampur, dan penggunaan bahan bakar ini dikhususkan untuk mesin berjenis diesel [7].

Pada pembuatan katalis zeolit bentuk pelet, dilakukan beberapa proses mulai dari crushing, meshing, aktivasi, hingga kompaksi. Agar pelet katalis zeolit yang dibuat tidak mudah hancur, maka diperlukan bahan tambahan yaitu bahan pengikat (*binder*). Banyak jenis *binder* yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat pelet zeolit, namun pada penelitian ini, digunakan *binder* bentonit yang dicampur dengan zeolit sebelum proses kompaksi. Kemudian proses kalsinasi dilakukan terhadap hasil cetakan pelet katalis yang telah diproduksi. Pada penelitian ini, dianalisis pengaruh persentase *binder* terhadap densitas pelet katalis zeolit alam. Pengujian densitas dilaksanakan dengan bantuan alat *pycnometer*.

2. Bahan dan Metode Penelitian

2.1 Bahan Penelitian

Bahan digunakan untuk membuat pelet katalis berbahan dasar zeolit alam. Bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini mencakup zeolit alam dan bahan pengikat berupa bentonit. Zeolit alam adalah batuan mineral anorganik berpori dengan sifat fisikokimia yang baik [8]. Zeolit alam yang digunakan pada penelitian ini merupakan zeolit alam yang berasal dari Indonesia, dimana memiliki karakteristik visual berwarna cokelat dan tekstur berpasir. Sedangkan, bahan pengikat adalah bahan yang mempengaruhi gaya kohesif antar partikel serbuk [9]. Pencampuran bahan pengikat

mempengaruhi berbagai aspek, contohnya ukuran, kekerasan, dan keberhasilan pembuatan pelet tersebut. Pada penelitian ini, digunakan bahan pengikat berjenis bentonit.

2.2 Proses Pembuatan Pelet

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah reduksi dimensi dari batuan zeolit sampai batuan zeolit memiliki ukuran antara 1-2 cm. Kemudian dihancurkan dengan alat *electric grinder* dalam proses *crushing* sehingga batuan menjadi serbuk halus. Proses ini dilaksanakan berulang hingga semua batu zeolit telah menjadi serbuk. Selanjutnya, serbuk zeolit yang telah melewati proses *crushing* akan dipanaskan di oven dengan suhu 110°C dengan waktu selama 3 jam yang bertujuan untuk menghilangkan kadar air pada serbuk tersebut. Untuk mendapatkan keseragaman ukuran partikel pada serbuk zeolit dan *binder*, dilakukan proses pengayakan atau *sieving* dengan alat penyaring yang memiliki ukuran lubang mesh 250 (53 mikron). Selanjutnya dilakukan pencampuran serbuk-serbuk sesuai dengan persentase komposisi *binder*. Variasi dari *binder* terdiri dari 20% dan 30%, artinya diperlukan *binder* sejumlah 4 gram dan 6 gram, dilanjutkan dengan pengisian serbuk zeolit hingga massa mencapai 20 gram. Setelah massa diukur, serbuk dituangkan ke dalam gelas *beaker* yang kemudian ditaruh diatas *magnetic stirrer*. Setelah persiapan campuran zeolit dan *binder* telah dilakukan, tahap selanjutnya adalah pencetakan pelet dengan menggunakan metode kompaksi. Variasi besar tekanan yang digunakan pada penelitian ini mencakup 250 MPa dan 500 MPa (0,5 ton dan 1 ton metrik). Setelah pelet katalis telah dicetak, pelet dapat diuji densitasnya dengan menggunakan alat *pycnometer*.

2.3 Pengujian Pelet

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan variabel tetap terhadap nilai densitas pelet katalis. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan bantuan alat neraca analitik dan *pycnometer*. *Pycnometer* berfungsi untuk mengukur nilai volume dari pelet katalis, dikombinasikan dengan nilai massa yang didapatkan dari neraca analitik, maka didapatkan nilai densitas dari setiap variasi pelet zeolit alam.

Pycnometer bekerja dengan cara memasukkan gas tertentu dengan tekanan yang sudah ditetapkan ke dalam ruangan tertutup yang diisi dengan pelet katalis. Kemudian alat mendeteksi jumlah gas yang masuk dan keluar dari ruangan untuk mendeteksi volume spesimen yang berada di dalam ruangan. *Pycnometer* melakukan pengujian ini berulang hingga mendapatkan nilai densitas yang stabil dan sesuai dengan nilai deviasi target yang sudah ditetapkan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Pengukuran Geometri

Pengukuran geometri untuk spesimen pelet katalis mencakup tinggi, diameter, dan massa pelet. Tujuan dilaksanakannya pengukuran geometri adalah untuk mengetahui spesifikasi pelet katalis yang telah dicetak. Pelaksanaan pengukuran geometri ini dibantu dengan alat pengukur berupa *vernier caliper* dan neraca analitik. Berikut merupakan penjelasan pelaksanaan pengukuran pelet katalis zeolit alam dengan *binder* bentonit yang dilaksanakan.

Pengukuran dilaksanakan sebanyak lima sampel per variasi zeolit alam. Dari lima nilai pengukuran ini kemudian didapatkan nilai rata-rata untuk tinggi, diameter, dan massa pelet. Pada Tabel 1 berikut disajikan hasil pengukuran diameter, tinggi, dan massa pelet katalis dengan variasi komposisi *binder*.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Geometri Pelet Katalis Zeolit Alam dengan *Binder* Bentonit Kalsinasi

Perlakuan	Meshing	Persentase <i>Binder</i>	Tekanan (MPa)	Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Massa (g)
Kalsinasi	250	20%	250	5,17	6,61	0,2213
			500	5,20	6,33	0,2211
	30%	250	5,19	6,41	0,2201	
		500	5,18	6,11	0,2214	

3.2 Hasil Pengujian Densitas

Pada penelitian ini, salah satu pengujian yang dilaksanakan adalah pengujian densitas. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi nilai kadar *binder* pada densitas pelet katalis zeolit alam. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat *pycnometer* dan nilai densitas disajikan dengan satuan g/cm³. Berikut pada Tabel 2 disajikan hasil pengujian densitas dengan variasi persentase *binder* pada pelet katalis zeolite kalinasi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Densitas dengan Variasi Persentase *Binder* pada Pelet Katalis Zeolit Kalsinasi

Asal Zeolit	Perlakuan	Ukuran Serbuk (<i>Mesh</i>)	Tekanan (MPa)		Densitas (g/cm ³)	
			250	500	Bentonit 20%	Bentonit 30%
Bandung	Kalsinasi	250	250	500	2,9660	3,0743
			250	500	3,0057	3,0788

3.3 ANOVA Pengujian Densitas

Analisis variasi atau ANOVA kemudian dilaksanakan dengan menggunakan nilai densitas yang telah didapatkan dari pengujian densitas. Pada Tabel 3 dan Tabel 4 berikut, disajikan hasil analisis variasi pengaruh persentase *binder* terhadap densitas pelet katalis zeolit alam asal Bandung dengan *binder* bentonit.

Tabel 3. Ringkasan Statistik Deskriptif Pengaruh Persentase *Binder* terhadap Nilai Densitas Pelet Katalis Zeolit Kalsinasi

SUMMARY	Count	Sum	Average	Variance
Bentonite 20%	2	5,9717	2,9859	0,0008
Bentonite 30%	2	6,1531	3,0766	1,01E-05

Tabel 4. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Persentase *Binder* terhadap Nilai Densitas Pelet Katalis Zeolit Kalsinasi

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Persentase <i>Binder</i>	0,0082	1	0,0082	20,6134	0,0452	18,5128
Error	0,0008	2	0,0004			
Total	0,0090	3				

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan nilai F yaitu 20,6134 dan nilai F *critical* yaitu 18,5128. Karena nilai $F > F_{critical}$, maka penambahan *binder* yang diterapkan kepada pelet katalis zeolit alam memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap nilai densitas pelet katalis tersebut. Hal ini juga didukung dengan nilai P-value yaitu 0,0452, dimana nilai P-value $< 0,05$.

Densitas atau massa jenis adalah sifat fisis yang menggambarkan kerapatan ikatan material-material yang menyusun suatu bahan. Pada penelitian ini, penambahan *binder* mempengaruhi densitas pelet katalis secara signifikan. Menurut penelitian yang dilaksanakan oleh Bani Baker, dkk [10], peningkatan densitas yang terjadi setelah pencampuran bentonit disebabkan karena bentonit memiliki berat jenis yang lebih tinggi dalam campuran tersebut, sehingga dengan ditamahnya bentonit pada campuran, densitas pun meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian pada penelitian ini, yaitu saat *binder* bentonit ditambahkan ke dalam pelet katalis, nilai densitas dari pelet katalis pun meningkat.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari pengujian densitas yang telah dilaksanakan terhadap pelet katalis zeolit alam dengan penambahan bahan pengikat (*binder*) bentonit, diperoleh kesimpulan sebagai berikut. Hasil pengujian densitas yang telah dilaksanakan terhadap data *binder* dengan variasi persentase dalam pelet katalis zeolit alam, diperoleh bahwa variasi persentase *binder* bentonit memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap densitas pelet katalis. Densitas pelet katalis zeolit alam meningkat dari rata-rata 2,9859 g/cm³ hingga 3,0766 g/cm³ dengan penambahan *binder* bentonit dengan persentase 20% – 30%. Nilai F, F *crit*, dan P-value dari ANOVA membuktikan bahwa penambahan *binder* pada pelet katalis zeolit alam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap densitas pelet.

5. Daftar Pustaka

- [1] Furqon F, Nugroho AK, Anshorulloh MK., 2019, "Kajian Penggunaan Katalis KOH pada Pembuatan Biodiesel Menggunakan Reverse Flow Biodiesel Reactor secara Batch", *Rona Tek Pertan*, 12(1):22–31.
- [2] Yeti Widyawati, 2007, "Disain Proses Dua Tahap Esterifikasi-Transesterifikasi (Estrans) pada Pembuatan Metil Ester (Biodiesel)", 19–20.
- [3] Chen NY, Liu MC, Yang SC, Sheu HS, Chang JR., 2015, "Impacts of *Binder*-Zeolite Interactions on the Structure and Surface Properties of NaY-SiO₂ Extrudates", *Ind Eng Chem Res*, 54(34):8456–68.
- [4] Aziz I, Nurbayti S, Rahman A., 2012, "Penggunaan Zeolit Alam sebagai Katalis dalam Pembuatan Biodiesel", *J Kim Val*, 2(4):511–5.
- [5] Atadashi IM, Aroua MK, Abdul Aziz AR, Sulaiman NMN., 2012, "Production of Biodiesel Using High Free Fatty Acid Feedstocks", *Renew Sustain Energy Rev*, 16(5):3275–85.
- [6] Sisca V., 2018, "Aplikasi Katalis Padat dalam Produksi Biodiesel Application Solid Catalyst in Biodiesel Production". *J Zarah*, 6(1):30–8.
- [7] Devita L., 2015, "Biodiesel sebagai Bioenergi Alternatif dan Prospektif", *Agrica Ekstensia*, 9(2):23–6.
- [8] Atikah WS., 2017 "Karakterisasi Zeolit Alam Gunung Kidul Teraktivasi sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil", *Arena Tekst*, 32(1):17–24.
- [9] Hidayati N, Meilany N, Andasari SD., 2020, "Formulasi Tablet Kunyah Asetosal dengan Variasi Konsentrasi PVP sebagai Bahan Pengikat", *J Ilmu Farm*, 11(1):2685–1229.
- [10] Bani Baker MI, Abende RM, Obaidat TAS., 2018, "Employing Natural Bentonite Clay as Partial Replacement of Mineral Filler in Asphalt Mixtures", *J Mater Civ Eng*, 30(8).