

## PENGARUH PEMANFAATAN ZEOLIT PELET TERAKTIVASI NaOH-FISIK DENGAN NORMALITAS TINGGI TERHADAP PRESTASI MESIN DIESEL 4-LANGKAH

Eko Hermawan<sup>1</sup>, Herry Wardono<sup>1</sup>, Harnowo Supriadi<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, No. 1, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

\*e-mail koresponding: [hsupri123@gmail.com](mailto:hsupri123@gmail.com)

### Abstract

*Zeolites are alumina silicate compounds which have the ability as adsorbents. In this study, the ability of zeolite was used to filter air for the combustion process in order to improve the performance of a 4-strokes diesel engine. The zeolite activated by NaOH was used to clean the surface of the pores and get rid of impurities, so that the zeolite could bind nitrogen gas and water vapor when used. In these tests, zeolites were activated by NaOH using 1N; 2N; 3N; 4N normality and physical activation at 200°C for 1 hour. The zeolites were then formed into tablets and packaged in a frame that was placed on diesel engine air filter. The experiments were operated at engine speeds of 1500, 2000, 2500, 3000 rpm. It is found that chemically and physically activated zeolites could improve the performance of the engine. The results showed that the best increase of average brake power was 1.6605% occurring at zeolite activated using NaOH 1N and the best decrease of average brake specific fuel consumption was 2.836% using also NaOH 1N – physical activated zeolite. Both occurred at dense zeolites arrangement.*

**Keywords:** *Physical-base activated zeolite; Activator normality; Diesel engine performance.*

### PENDAHULUAN

Pusat Data & Informasi Energi Sumber Daya Mineral menyatakan bahwa cadangan minyak bumi Indonesia cenderung menurun. Penurunan cadangan minyak bumi diakibatkan oleh laju produksi minyak bumi lebih tinggi dibanding dengan laju penemuan cadangan minyak bumi baru. Badan Pusat Statistik mencatat jumlah kendaraan bermotor semakin meningkat, selain penggunaan kendaraan bermotor yang berlebihan. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk menghemat bahan bakar sekarang ini adalah dengan memaksimalkan udara yang akan digunakan untuk proses pembakaran. Kondisi udara pembakaran yang masuk ke ruang bakar sangat berpengaruh dalam menghasilkan prestasi mesin yang tinggi. Sementara gas yang dibutuhkan pada proses pembakaran adalah oksigen untuk membakar bahan bakar yang mengandung molekul karbon dan hidrogen.

Pada penelitian M.Nasakin,dkk (2002) dilakukan modifikasi pada zeolit alam, menjadi CaO-zeolit dengan proses ion exchange dengan larutan kapur (Ca(OH)<sub>2</sub>) guna mengetahui sifat adsorpsi sehingga diketahui hubungan antara waktu dan jumlah mol nitrogen dan oksigen

yang teradsorpsi menggunakan variasi dengan konsentrasi sebesar 0,682%, 0,849% dan 1,244%. Dari hasil yang didapatkan pada Ca 0,628 % terhadap laju adsorpsi oksigen dan nitrogen selama 15 menit pengujian terjadi sangat cepat dan langsung jenuh dimana adsorpsi terhadap nitrogen sebesar  $10 \times 10^{-4}$  mol dan Oksigen sebesar  $20 \times 10^{-4}$  mol dan pada kandungan Ca 0,849 % laju adsorpsi juga berlangsung sangat cepat dan langsung jenuh dimana adsorpsi terhadap oksigen juga lebih baik dibandingkan adsorpsi terhadap nitrogen oleh CaO-Zeolit. Kemudian didapatkan hubungan laju adsorpsi terhadap kandungan Ca, setelah dibuat garis linearisasi, didapatkan bahwa kandungan Ca=1,125% merupakan kandungan Ca terbaik karena mampu mengadsorpsi nitrogen lebih cepat dibandingkan oksigen yaitu untuk nitrogen sebesar 140 mol/menit sedangkan oksigen lebih kecil yaitu 125 mol/menit. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat batasan tertentu dari banyaknya kandungan Ca pada CaO-Zeolit terhadap kemampuannya secara selektif mengadsorpsi nitrogen. Pada penelitian Andrianus Novian Korin (2013), dilakukan modifikasi zeolit dengan aktivasi basa-fisik pada NaOH dan KOH dengan variasi nilai

normalitas 0,25N;0,5N;0,75N dan 1N. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kenaikan rata-rata daya engkol dengan aktivator NaOH pada 0,25N sebesar 2,046%, 0,5N sebesar 2,126%, 0,75N sebesar 3,7087%, 1N sebesar 5,211%. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan aktivator NaOH dengan normalitas 1N menghasilkan kenaikan daya engkolpaling besar dibandingkan variasi normalitas yang lain. Sedangkan kenaikan rata-rata daya engkol dengan aktivator KOH pada 0,25N sebesar 2,026%, 0,5N sebesar 2,0414%, 0,75N sebesar 3,22%, 1N sebesar 4,6101%. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan aktivator KOH dengan normalitas 1N menghasilkan kenaikan daya engkolpaling besar dibandingkan variasi normalitas yang lain. Pada penelitian yang dilakukan oleh GzegorzJozefaciuk (2002), dilakukan penelitian terhadap mineral-mineral yang ada pada tanah, salah satunya adalah zeolit, yang mana menggunakan pengaktifasian dengan asam maupun basa yang tujuannya menghilangkan pengotor serta membuka pori-pori permukaannya yang hasilnya didapatkan peningkatan ukuran pori dibandingkan sebelum dilakukan aktivasi kimia.

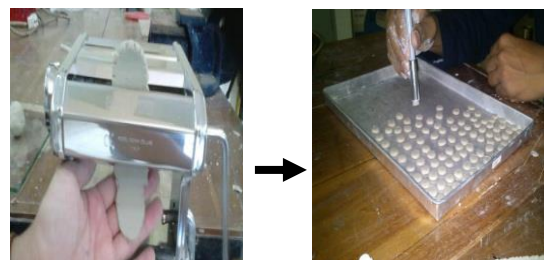
Oleh karena itu, penulis telah mengkaji tentang pengaruh aktivator NaOH, variasi normalitas, variasi massa terhadap prestasi mesin pada motor diesel 4 langkah menggunakan zeolit pelet teraktivasi NaOH dengan normalitas 1N, 2N, 3N, dan 4N untuk mengetahui nilai konsentrasi yang paling optimum.

## METODE PENELITIAN

### A. Aktivasi NaOH-Fisik

Zeolit diaktivasi menggunakan larutan basa NaOH dengan normalitas 1N;2N;3N dan 4N. Zeolit dicampur dengan larutan dengan perbandingan 1:1 untuk masing-masing normalitas, banyaknya gram yang dibutuhkan NaOH ke dalam larutan disesuaikan dengan persamaan rumus normalitas larutan. Zeolit yang tercampur larutan kimia dimasukkan ke dalam suatu wadah yang kemudian diaduk menggunakan mixer bertujuan agar pencampuran keduanya merata, kemudian dibilas menggunakan air rendaman zeolit bertujuan membersihkan dari larutan aktivasi sehingga pH didapat netral yaitu 7, lalu zeolit tersebut dikeringkan menggunakan panas matahari selama 3 jam, kemudian dipanaskan

menggunakan oven selama 1 jam dengan variasi temperature suhu 200°C. Pemanasan yang dilakukan pada suhu 200°C bertujuan agar dapat mengeringkan permukaan zeolit sehingga memudahkan dalam proses penumbukan. Kemudian zeolit yang telah teraktivasi dihaluskan sampai mendapatkan ukuran 100 mesh. Selanjutnya zeolit dicampurkan dengan air rendaman yang memiliki pH 7 dengan perbandingan 74% zeolit, 6% tepung tapioka, dan 20%. Kemudian dibuat adonan yang merata dan kalis dan digiling menggunakan ampia dengan ketebalan 3 mm seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan zeolit pelet dengan menggunakan mesin cetakan

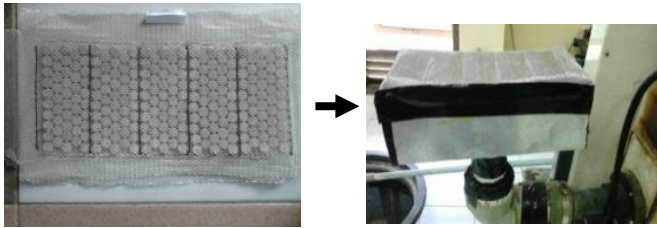
### B. Aktivasi Fisik

Pelet yang terbentuk, diaktivasi fisik dengan caradioven dengan variasi temperatur 200°C selama 1 jam kemudian. Oven yang digunakan terdapat pada gambar 2.



Gambar 2. Zeolit yang telah diaktivasi fisik

Zeolit yang telah diaktivasi diletakkan ke sebuah frame dirangkai dengan menggunakan jalinan kawat lembut yang mudah dibentuk, dimensinya menyesuaikan ukuran saringan udara pada mesin diesel seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Zeolit yang telah di susun dalam frame sesuai bentuk saringan

### C. Prosedur Pengujian

Setelah proses kalibrasi torsimeter TD 114 selesai, mesin dihidupkan selama kurang lebih 15 menit untuk proses pemanasan mesin hingga keadaan stabil. Pengambilan data dimulai dengan meletakkan beban pada dinamometer, beban yang digunakan adalah sebesar 3 kg. Variasi putaran mesin yang digunakan adalah 1500, 2000, 2500, dan 3000 rpm. Variasi zeolit yang digunakan pada pengujian adalah penyusunan rapat dan penyusunan renggang.

Proses pengambilan data dilakukan sebanyak dua tahap dalam putaran yang sama, tahap pertama merupakan pengambilan data tanpa menggunakan zeolit, dan tahap kedua adalah pengambilan data menggunakan zeolit yang diaktivasi dengan natrium hidroksida (NaOH). Pengambilan data dilakukan untuk setiap putaran mesin dengan menggunakan variasi penyusunan rapat dan renggang. Dalam hal ini zeolit diletakkan di saluran udara masuk sehingga udara yang masuk ke ruang bakar melewati zeolit dan mengalami proses adsorpsi yang dilakukan oleh zeolit, setelah torsi stabil dan putaran mesin stabil maka data dapat dicatat.

Proses pengambilan data adalah sebagai berikut: setelah mesin dihidupkan selama kurang lebih 15 menit, beban digantungkan seberat 3kg, tunggu sampai torsi dan putaran stabil, pertama data yang diambil adalah data tanpa zeolit. Kemudian menggunakan zeolit teraktivasi NaOH 1N, setelah torsi dan putaran stabil pada putaran 1500 rpm, lalu memulai proses pengambilan data, untuk data yang pertama kali dicatat adalah data variabel operasi mesin tanpa zeolit, lalu dilanjutkan pengambilan data menggunakan zeolit teraktivasi NaOH 1N. Pengambilan berikutnya adalah pada putaran 2000, 2500, 3000 rpm dan diulang sebanyak tiga kali pengulangan.



Gambar 4. Rangkaian alat uji dan Unit instrumentasi

Setelah dilakukan pengujian, maka didapat data yang digunakan untuk menghitung prestasi motor diesel seperti daya engkol (bP) dan konsumsi bahan bakar spesifik engkol (bsfc) dengan menggunakan persamaan-persamaan (1), (2), (3) dan (4) (Wardono, dkk.2012).

$$bP = \frac{2\pi \cdot N \cdot T_{AP}}{60.000}, kW \quad (1)$$

$$T_{AP} = 1,001 \cdot T_{RD}, Nm \quad (2)$$

$$mf = \frac{pfuel \times 16 \cdot 10^{-3} \times 3600}{t}, kg/h \quad (3)$$

$$bsfc = \frac{mf}{bP}, kg/kW.h \quad (4)$$

Keterangan:

bP = Daya Engkol

T<sub>RD</sub> = Torsi Hasil Pembacaan

T<sub>AP</sub> = Torsi Aktual

N = Putaran

mf = laju pemakaian bahan bakar (kg/h)

pfuel = massa jenis bahan bakar (kg/m<sup>3</sup>)

16 · 10<sup>-3</sup> = pemakaian 16 ml bahan bakar yang diubah ke liter.

t = waktu pemakaian bahan bakar

## HASIL DAN PEMBAHASAN

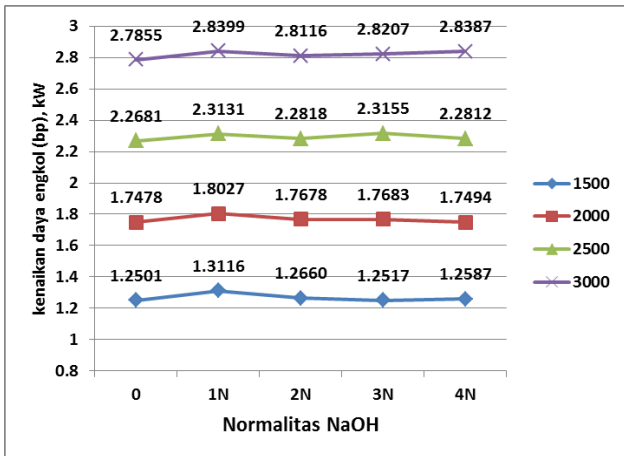
### A. Pengaruh Variasi Normalitas Aktivasi Basa NaOH Terhadap Daya Engkol dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Aktivasi kimia fisik pada zeolit pelet menggunakan NaOH merupakan upaya untuk meningkatkan daya adsorpsi zeolit pelet. Nilai

normalitas yang dipakai pada pengujian ini 1N, 2N,3N dan 4N pada zeolit penyusunan rapat.

**B. Pengaruh Variasi Normalitas Aktivasi Basa NaOH dengan Variasi Penyusunan Rapat Terhadap Daya Engkol**

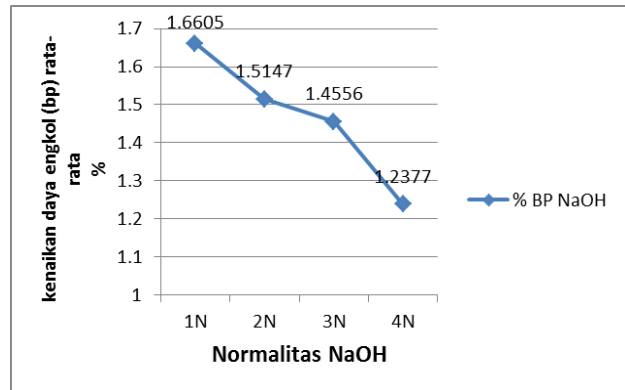
Pada pengujian dengan aktivator NaOH dengan normalitas 1N,2N,3N dan 4N pada zeolit penyusunan rapat hasil peningkatan daya engkol dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Penyusunan Rapat Terhadap Daya Engkol

Setelah didapat hasil terbaik dari pengujian variasi normalitas penyusunan rapat, didapatkan hasil pada gambar 5 di atas bahwa normalitas terbaik yaitu 1N pada putaran 1500 rpm sebesar 0,0338 kW (2,5821 %), pada 2000 rpm pada normalitas 1N sebesar 0,0212 kW (1,1792 %), pada 2500 rpm peningkatan daya engkol terbaik pada normalitas 3N sebesar 0,0361 kW (1,5603 %), sedangkan pada 3000 rpm peningkatan daya engkol terbaik pada normalitas 1N sebesar 0,0493 kW (1,7354 %).

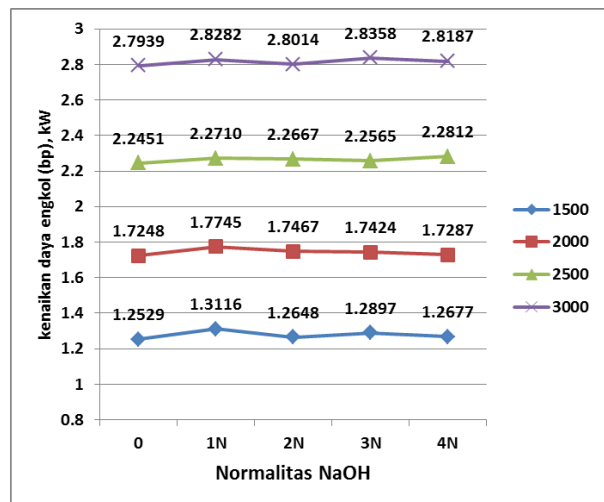
Jika dilihat secara umum peningkatan daya engkol rata-rata terbesar terdapat pada aktivator NaOH dengan normalitas 1N sebesar 1,6605% yang ditunjukkan pada gambar 6.



Gambar 6. Persentase Rata-Rata Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Penyusunan Rapat Terhadap Daya Engkol

**C. Pengaruh Variasi Normalitas Aktivasi Basa NaOH dengan Variasi Renggang Terhadap Daya Engkol**

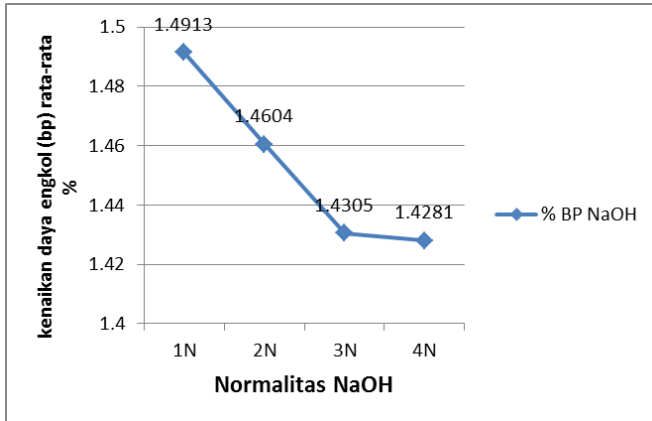
Pada pengujian dengan aktivator NaOH dengan normalitas 1N,2N,3N dan 4N pada zeolit renggang hasilnya dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Renggang Terhadap Daya Engkol

Kemudian kita membahas pengaruh aktivator NaOH renggang yang hasil pengujiannya ditampilkan pada gambar 7, penggunaan aktivator NaOH dengan normalitas 1N dan renggang memiliki peningkatan daya engkol tertinggi sebesar 0,0344 kW (2,6253%) pada putaran 1500 rpm. Sedangkan pada putaran 2000 rpm 0,0271 kW

(1,5301%) pada normalitas 1N, pada putaran 2500 rpm peningkatan terbaik terdapat pada normalitas 4N sebesar 0,0253 kW (1,1099%), lalu pada putaran 3000 rpm pada normalitas 3N sebesar 0,0273 kW (0,9640%).



Gambar 8. Persentase Rata - Rata Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Renggang Terhadap Daya Engkol

Pada gambar 8 ditampilkan bahwa persentase tertinggi secara umum terdapat pada penggunaan zeolit teraktivasi NaOH dengan normalitas 1N sebesar 1,4913 %.

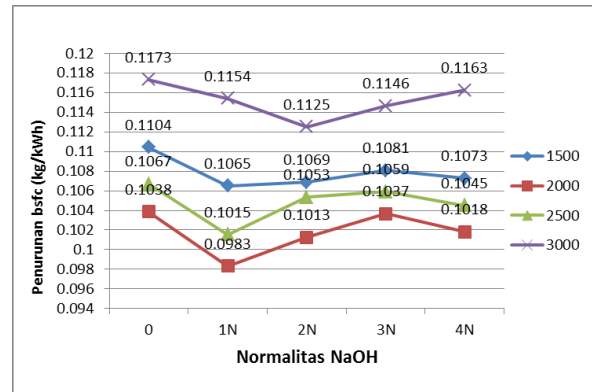
Dari hasil yang didapatkan dapat dilihat semakin tinggi pula nilai normalitas yang digunakan maka semakin kecil kenaikan persentase daya engkol, hal ini disebabkan pengaktifan basa memiliki batas optimal, dimana penggunaan normalitas 1N adalah yang paling optimal untuk melarutkan pengotor-pengotor di sisi permukaan kristal zeolit sekaligus konsentrasi yang paling optimal dalam larutan NaOH dan larutandapat masuk ke dalam pori-pori kristal zeolit untuk membersihkan pengotor-pengotor tersebut.

Hal ini disebabkan tercukupinya kebutuhan oksigen dalam sebuah proses pembakaran yang mengakibatkan pembakaran itu menjadi optimal. Serta dapat dilihat peningkatan persentase daya engkol terbaik berdasarkan variasi putaran terbaik terdapat pada putaran rendah. Hal ini karena pada putaran rendah dengan kecepatan aliran udara yang relatif rendah yang menyebabkan udara yang mengalir melalui zeolit berkontak lebih lama dengan zeolit dan menyaring udara dengan maksimal sehingga kadar nitrogen dan uap air dapat lebih banyak terjepit oleh zeolit dan menyebabkan panas kompresi yang diterima oksigen dan bahan bakar meningkat

akibatnya proses pembakaran pada motor diesel dapat lebih maksimal sehingga dapat meningkatkan daya engkol.

#### D. Pengaruh Variasi Normalitas Aktivasi Basa NaOH dengan Variasi Penyusunan Rapat Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

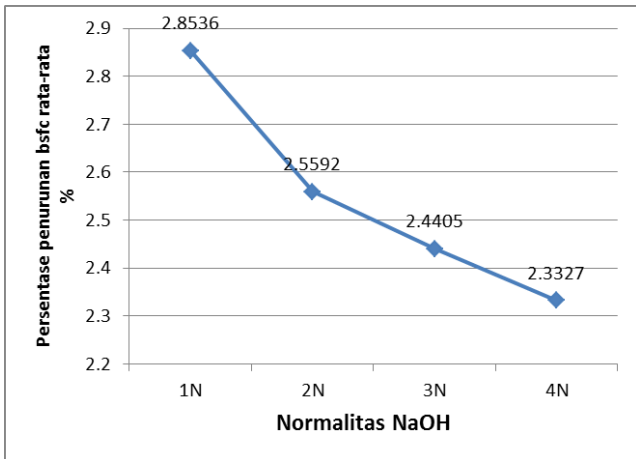
Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik dengan menggunakan zeolit teraktivasi basa NaOH yang divariasikan dalam nilai normalitas dan penyusunan rapat dengan menggunakan laju pemakaian bahan bakar 16 ml yang mana selama menggunakan bahan bakar sebanyak 16 ml tersebut, dilakukan pencatatan terhadap parameter-parameter lain seperti torsi, waktu ,temperatur gas buang, putaran mesin, dimana hasil dari pengujian dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Penyusunan Rapat Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik sebesar 0,0044 kg/kWh (4,1553%) yaitu pada putaran 1500 rpm dengan normalitas 1N. Kemudian 0,0026 kg/kWh (2,7134%) dengan normalitas 1N pada 2000 rpm. Selanjutnya pada 2500 rpm penurunan terbaik pada normalitas 1N sebesar 0,0023 kg/kWh (2,3171%), sedangkan pada 3000 rpm penurunan terbaik sebesar 0,0028 kg/kWh (2,4946%) pada normalitas 2N.

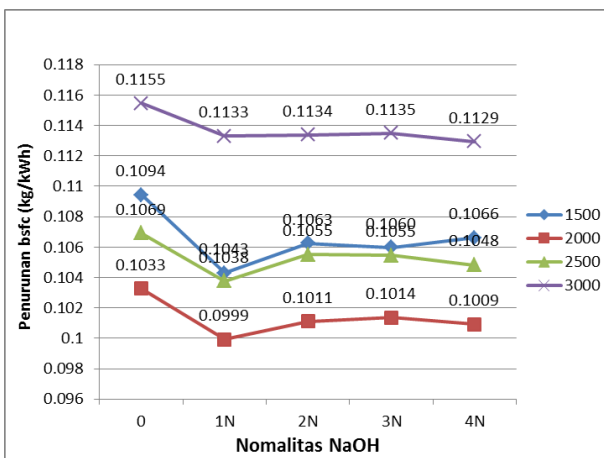
Jika dilihat berdasarkan rata-rata secara umum pada gambar 10 kemampuan zeolit terbaik dalam menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik adalah zeolit dengan normalitas 1N sebesar 2,8536 %.



Gambar 10. Persentase Rata- Rata Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Penyusunan Rapat Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

**Pengaruh Variasi Normalitas Aktivasi Basa NaOH dengan Variasi Renggang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik**

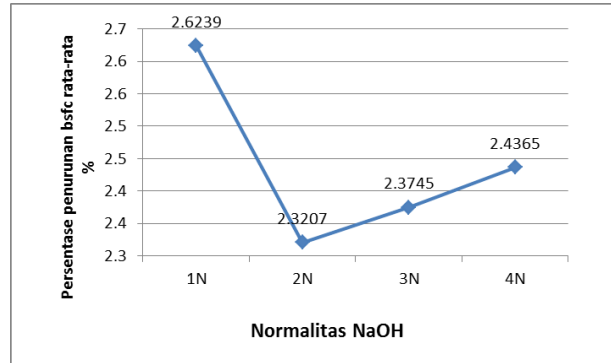
Penurunan konsumsi bahan bakar spesifik pada NaOH renggang dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Renggang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dimana penurunan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik sebesar 0,0035 kg/kWh (3,8709%) yaitu pada putaran 1500 rpm dengan normalitas 1N. Pada putaran 2000 rpm penurunan terbaik sebesar 0,0026 kg/kWh (2,6784%) dengan konsentrasi normalitas 1N. Kemudian pada putaran 2500 rpm penurunan terbaik pada normalitas 1N sebesar 0,002003

kg/kWh (1,9314%), sedangkan pada putaran 3000 rpm penurunan terbaik sebesar 0,0026 kg/kWh (2,3288%) pada normalitas 4N. Namun jika dilihat berdasarkan rata-rata secara umum pada gambar 12 kemampuan zeolit terbaik dalam menurunkan konsumsi bahan bakar spesifik adalah zeolit dengan normalitas 1N sebesar 2,6239 %.



Gambar 12. Persentase Rata- Rata Pengaruh Aktivator NaOH Dengan Variasi Normalitas dan Renggang Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Dapat diketahui penggunaan zeolit teraktivasi NaOH dengan normalitas 1N lebih dominan menurunkan penggunaan bahan bakar spesifik dibandingkan normalitas lainnya. Hal ini disebabkan proses aktivasi kimia pada zeolit membantu memperluas permukaan spesifik pori, sehingga adsorpsi yang dilakukan semakin baik sehingga mengakibatkan penghematan atau penurunan konsumsi bahan bakar spesifik. Akan tetapi, semakin tinggi nilai normalitas maka penghematan konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan mesin diesel semakin kecil hal ini disebabkan pengaktifan basa memiliki batas optimal, dimana penggunaan normalitas 1N adalah yang paling optimal untuk melarutkan pengotor-pengotor di sisi permukaan kristal zeolit sekaligus konsentrasi yang paling optimal dalam larutan NaOH dapat masuk ke dalam pori-pori kristal zeolit untuk membersihkan pengotor-pengotor tersebut.

Pada proses pembakaran sangat dibutuhkan oksigen yang cukup untuk menjadi suatu pembakaran yang sempurna. Dengan adanya pengadsorbsian yang baik dari zeolit menyebabkan panas kompresi oksigen dan bahan bakar meningkat sehingga dapat dengan lebih mudah menguap dan cepat terbakar. Oleh karenanya, pembakaran dapat lebih maksimal sehingga dapat meningkatkan daya engkol dan

menurunkan konsumsi bahan bakar.

#### KESIMPULAN

Pengaktivasian zeolit dengan aktivator 1N NaOH dan variasi penyusunan rapat, dapat menghasilkan peningkatan daya engkol dan penurunan konsumsi bahan bakar spesifik terbaik. Semakin tinggi nilai normalitas maka penghematan konsumsi bahan bakar spesifik dan kenaikan daya engkol yang dihasilkan mesin diesel semakin jelek hal ini disebabkan pengaktivasian basa memiliki batas optimal, dimana penggunaan normalitas 1N adalah yang paling optimal untuk melarutkan pengotor-pengotor di sisi permukaan kristal zeolit sekaligus konsentrasi yang paling optimal dalam larutan NaOH dapat masuk ke dalam pori-pori kristal zeolit untuk membersihkan pengotor-pengotor tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andrianus, N.K. 2012. *Pengaruh Normalitas NaOH & KOH Pada Aktivasi Basa – Fisik Pelet Tekan Terhadap Prestasi Motor Diesel 4 Langkah*. Skripsi. Jurusan Teknik Mesin - Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- [2] Badan Pusat Statistik. 2013. bps.go.id. [http://www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?tabel=1&id\\_subyek=17&notab=12](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?tabel=1&id_subyek=17&notab=12). Diakses: 30 Desember 2013. Pukul 19.20 WIB
- [3] Jozefaciuk, G and Bowanko, G. 2002. *Effect Of Acid And Alkali Treatments On Surface Areas And Adsorption Energies Of Selected Mineral*. Journal Clays and Clay Minerals. (50) (6) : 779.
- [4] Nasakin., M., Tania, S., TP Siahian, A. 2002. *Pengaruh Kandungan Ca Pada CaO-Zeolit Terhadap Kemampuan Adsorpsi Nitrogen*. Jurnal Teknologi. (6) (2):78.
- [5] Pusat Data & Informasi Energi Sumber Daya Mineral. 2011. *Indonesia Energy Outlook 2010*. Kementerian Energi & Sumber Daya Mineral. Jakarta.
- [6] Wardono, H dkk. 2012. *Penuntun Praktikum Pengujian Prestasi Mesin Motor Bakar Diesel 4-Tak*. Laboratorium Motor Bakar dan Propulsi – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Lampung. Bandar Lampung.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).