

## PENINGKATAN PRESTASI MOTOR BENSIN 4 - LANGKAH MENGGUNAKAN ZEOLIT ALAM LAMPUNG TERAKTIVASI FISIK

**Herry Wardono**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung  
e-mail: herry@unila.ac.id

### Abstrak

*Automotive air pollution and energy crisis are now the main problem which is necessarily to cope with. Oxygen-rich combustion air is one of the factors being able to enhance petrol engine performance. The existing air filter can merely adsorb rough particles (such as dust, etc), but it cannot adsorb nano particles (such as nitrogen and H<sub>2</sub>O). Natural zeolite has an ability to adsorb nano particles. A four-stroke petrol engine performance was successfully enhanced by putting pure natural zeolites prior to the existing air filter. The adsorption capability of the zeolites can still be increased by treating physical activation. The experiments were performed in a four-stroke petrol engine, single cylinder. From the results, it is found that there is a significant increase of the engine performance at operations using physical activated zeolites. Higher amount of zeolites used led to higher engine performance. Meanwhile, higher engine speed did not always guarantee to give higher engine performance. The highest increase of brake power was 0,127 kW (5,93%) while the highest reduction of bsfc was 0,0216 kg/kWh (8,97%). As a whole, the average increase of brake power was 0,1517 kW (5,55%) while the average reduction of bsfc was 0,0196 kg/kWh (7,64%).*

*Kata kunci : Adsorption by zeolite, Combustion air treatment.*

### Pendahuluan

Seiring dengan menipisnya persediaan bahan bakar dan juga melambungnya harga bahan bakar, cenderung mengakibatkan banyak industri besar maupun kecil gulung tikar, dan bahkan menambah pengangguran juga meresahkan masyarakat. Kondisi seperti ini tentunya harus dicari solusinya. Zeolit alam Lampung merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk menjawab atau mengatasi kondisi menyedihkan di atas. Zeolit alam merupakan bahan mineral yang jumlahnya melimpah di Indonesia, khususnya di Propinsi Lampung, serta tersebar di banyak lokasi (Dinas Pertambangan Propinsi Lampung, 2001, dan Suyartono, 1992).

Salah satu pemanfaatan zeolit alam ini adalah sebagai adsorben udara. Pemanfaatan zeolit pada aplikasi pemurnian udara masih belum populer di Indonesia, sedangkan di negara-negara maju (seperti Amerika Serikat, dan Jepang) aplikasinya telah meluas. Amerika Serikat dan Jepang telah banyak memanfaatkan zeolit untuk memproduksi oksigen dari udara, terbukti dengan telah dan terus dikembangkannya memproduksi alat-alat seperti *oxygen purifiers* dan *nitrogen generators* menggunakan adsorben zeolit. Alat-alat ini mampu menghasilkan udara dengan konsentrasi oksigen hingga 99,7% (US Patent 4880443 dan 6544318, Bekkum, 1991, Izumi, 2002, dan Ribeiro, 1984).

Komposisi udara pembakaran (udara yang masuk ke dalam ruang bakar) memainkan peranan yang sangat penting dalam menghasilkan kinerja mesin yang tinggi, hemat bahan bakar dan tenaga mesin yang tinggi. Komposisi udara normal adalah oksigen (21%), nitrogen (78%), dan gas lain (1%). Pada proses pembakaran di dalam motor bensin, oksigen adalah satu-satunya unsur yang diperlukan untuk membakar bahan bakar. Adanya unsur-unsur lain selain oksigen (seperti nitrogen dan uap air) di dalam udara pembakaran hanya akan mengganggu proses pembakaran, menurunkan kinerja motor bensin itu sendiri. Hal ini karena sebagian panas awal diserap juga oleh nitrogen dan uap air, akibatnya panas yang diterima bahan bakar untuk menguap semakin menurun. Penurunan panas yang diterima oleh bahan bakar menyebabkan bahan bakar terbakar lebih lama, dan yang lebih parah lagi sebagian bahan bakar tidak akan terbakar. Hal ini tentunya akan mengakibatkan borosnya pemakaian bahan bakar, dan menurunkan tenaga mesin yang terjadi.

Kemampuan adsorpsi (menangkap) zeolit alam terhadap nitrogen dan uap air, dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan proses pembakaran. Penangkapan nitrogen oleh zeolit bisa

berdasarkan pada dua hal, yaitu adanya perbedaan ukuran diameter partikel, dimana diameter partikel  $N_2 = 3.0 \times 4.0 \text{ \AA}$ ;  $O_2 = 2.8 \times 3.9 \text{ \AA}$ ; sedangkan diameter pori zeolit jenis klinoptilolit =  $4.0 \times 5.5 \text{ \AA}$ , tetapi yang paling dominan adalah berdasarkan pada kuatnya interaksi molekul nitrogen yang bersifat *quadrupole* (memiliki empat kutub) dengan kation yang ada pada kristal zeolit (Ribeiro, 1984). Sementara itu, adsorpsi  $H_2O$  oleh zeolit disebabkan oleh adanya ikatan antar unit-unit tetrahedra yang membentuk saluran-saluran, rongga-rongga dan polaritas muatan pada kristal zeolit, sehingga menyebabkan zeolit memiliki afinitas terhadap molekul-molekul polar, seperti air (Bekum, 1991, dan Suryawan, 2001).

Wardono (2005a, dan 2005b) memanfaatkan kemampuan zeolit ini untuk meningkatkan kinerja motor bensin 4-langkah (percobaan laboratorium), yaitu dengan meletakkan zeolit alam murni sebelum saringan udara yang ada. Menggunakan zeolit alam murni 200 gram, daya engkol rata-rata motor bensin 4-langkah mampu ditingkatkan sebesar 0,118 kW (4,26%) dan pemakaian bahan bakar spesifik (bsfc) mampu diturunkan sebesar 0,013 kg/kWh (6,48%). Di sisi lain, kondisi maksimum yang mampu diberikan oleh zeolit alam murni ini adalah meningkatkan daya engkol motor sebesar 0,182 kW (5,69%) dan menurunkan bsfc sebesar 0,016 kg/kWh (8,03%). Kemampuan adsorpsi zeolit alam murni ini masih dapat ditingkatkan lagi yaitu dengan memberikan perlakuan fisik terhadap zeolit tersebut (Bekum, 1999, Hendri, 2000, dan Suyartono, 1992). Aktivasi fisik ini dilakukan dengan memanaskan zeolit alam murni di dalam oven, yang bertujuan untuk menguapkan air yang terperangkap dalam pori-pori kristal zeolit sehingga jumlah pori-pori dan luas permukaan spesifiknya bertambah.

## METODE PENELITIAN

Pengujian dilakukan menggunakan motor bensin 4-langkah, satu silinder, yang ada di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Instalasi alat uji dan unit instrumentasi yang digunakan dalam pengujian ini seperti terlihat pada Gambar 1. Di atas saluran masuk udara pembakaran ini dipasangkan saluran tampung zeolit. Saluran tampung zeolit terbuat dari corong plastik berbagai ukuran, sesuai jumlah zeolit yang digunakan. Corong plastik tersebut dilengkapi dengan kasa (*strainer*) untuk menampung zeolit yang digunakan.



Gambar 1. Instalasi Pengujian Menggunakan Filter Zeolit

### Prosedur Penelitian

Zeolit alam murni berukuran -10+20 mesh diaktivasi fisik, yaitu dengan memanaskannya di dalam sebuah oven pada temperatur 225 °C selama 2 jam (Hendri, 2000). Variasi jumlah zeolit yang digunakan adalah 25, 50, 100, 150, dan 200 gram. Putaran mesin juga divariasikan yaitu 1500, 2000, 2500, 3000, dan 3500 rpm.

Pertama-tama motor bensin 4-langkah dioperasikan secara normal, tanpa menggunakan zeolit alam teraktivasi fisik pada putaran mesin 1500 rpm. Data-data yang diperoleh dicatat. Setelah itu dilakukan pengujian-pengujian yang menggunakan zeolit alam teraktivasi fisik, dari 25 gram hingga 200 gram. Pengujian dilanjutkan untuk variasi putaran mesin lainnya, yaitu 2000, 2500, 3000, dan 3500 rpm pada kondisi operasi mesin yang sama dengan pengujian pada 1500 rpm. Semua data yang diperoleh dicatat. Seluruh data yang diperoleh dianalisis menggunakan persamaan-persamaan (1) dan (2), yang terdapat dalam Ganesan (1996), untuk mendapatkan daya engkol, dan pemakaian bahan bakar spesifik yang dihasilkan. Besarnya daya engkol dihitung dengan persamaan:

$$bP = \frac{2\pi N T}{60000} \quad \dots \text{ dalam kW} \quad (1)$$

N : putaran mesin, rpm  
T<sub>AP</sub> : torsi, Nm.

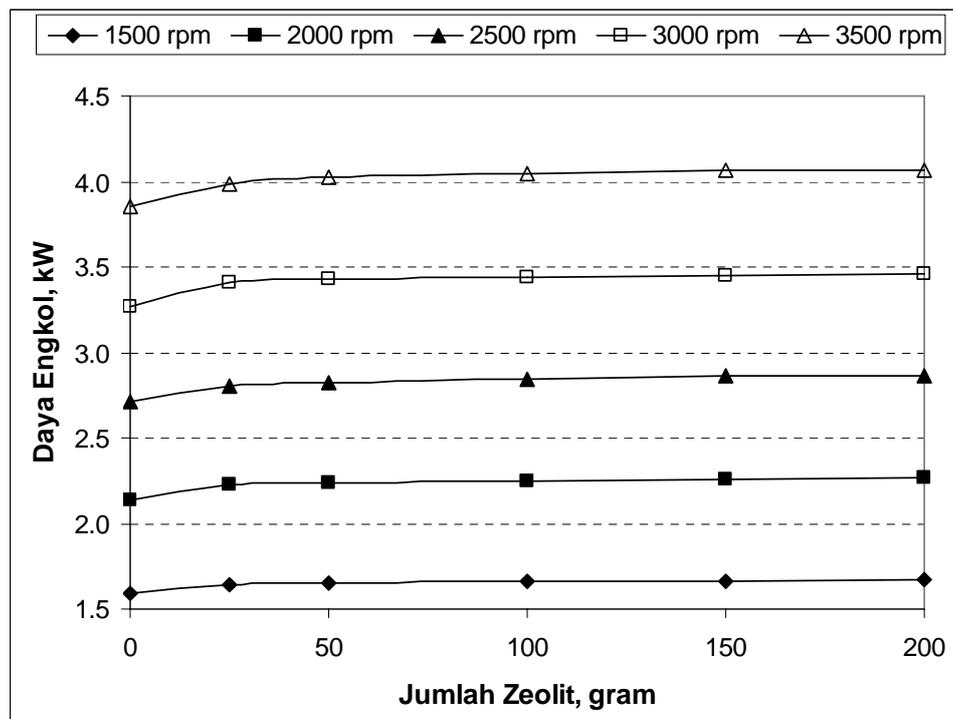
Sedangkan pemakaian bahan bakar spesifiknya dihitung dengan persamaan :

$$bsfc = \frac{m_f}{bP} \quad \dots \text{ dalam kg/kWh} \quad (2)$$

m<sub>f</sub> : laju pemakaian bahan bakar, kg/det.

### Hasil dan Pembahasan

Daya engkol yang diperoleh diilustrasikan ke dalam bentuk grafik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



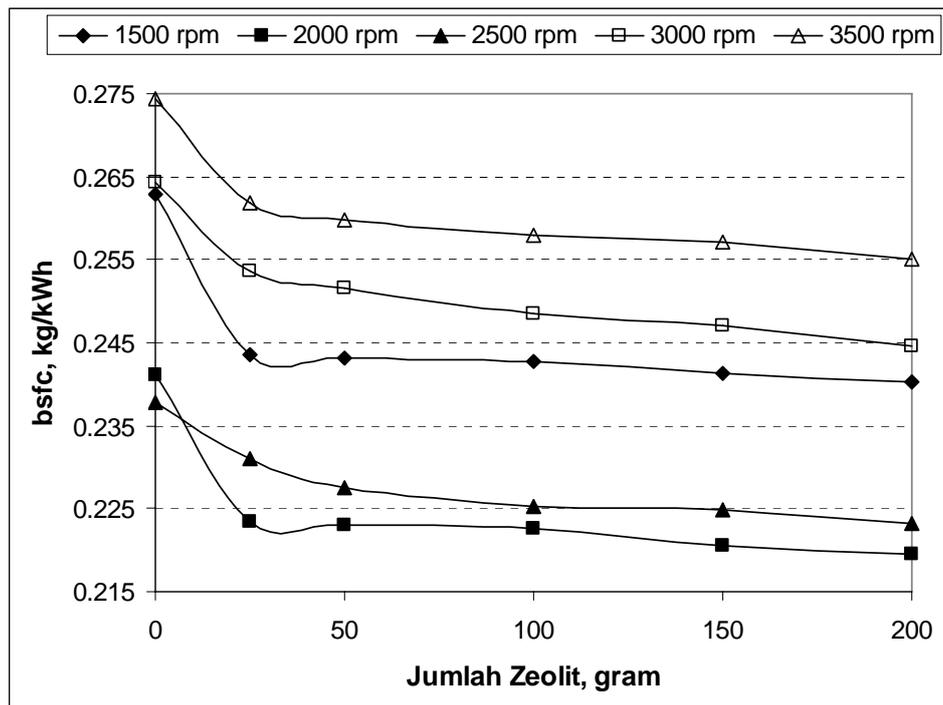
Gambar 2. Daya engkol hasil pengujian pada beragam putaran mesin

Gambar 2 memperlihatkan daya engkol yang dihasilkan dengan menggunakan zeolit alam teraktivasi fisik lebih tinggi dibandingkan dengan operasi mesin tanpa zeolit. Bahkan pada penggunaan 25 gram zeolit teraktivasi fisik, kenaikan daya engkol pun sudah terlihat yaitu sebesar 0,092 kW (4,32 %) yang terjadi pada putaran 2000 rpm. Sedangkan pada penggunaan 50 gram zeolit, diperoleh nilai yang lebih tinggi, yaitu untuk tiap-tiap putaran mesin (dari 1500 hingga 3500 rpm) diperoleh sebesar 0,060 kW (3,75 %), 0,102 kW (4,79 %), 0,106 kW (3,89 %), 0,166 kW (5,07 %), dan 0,177 kW (4,60 %). Hal ini membuktikan bahwa zeolit alam teraktivasi fisik ini mampu memberikan udara pembakaran yang lebih bersih yaitu dengan menangkap unsur-unsur selain oksigen. Sehingga panas hasil kompresi mampu menguapkan bahan bakar dengan jumlah yang lebih banyak. Akibatnya, bahan bakar lebih banyak terbakar. Hal ini berarti bahwa daya engkol yang dihasilkan menjadi lebih tinggi, karena panas yang dilepas pada proses pembakaran bahan bakar lebih besar. Kenaikan daya engkol tertinggi pada tiap-tiap putaran mesin (dari 1500 hingga 3500 rpm) adalah bervariasi, yaitu 0,079 kW (4,94 %), 0,127 kW (5,93 %), 0,149 kW (5,49 %), 0,189 kW (5,79 %), dan 0,215 kW (5,57 %), kesemuanya terjadi pada penggunaan 200 gram zeolit. Dari hasil ini diperoleh bahwa nilai terbaik terjadi pada putaran 2000 rpm yaitu sebesar 0,127 kW (5,93 %). Daya engkol yang mampu ditingkatkan ini juga lebih besar dibandingkan dengan daya engkol yang diperoleh pada penggunaan zeolit alam murni yaitu sebesar 0,182 kW (5,69 %).

Dari hasil di atas terlihat bahwa perbedaan daya engkol yang lebih baik umumnya terlihat pada operasi putaran mesin dari 2000 rpm ke atas. Hal ini terjadi karena panas kompresi yang dihasilkan berbeda untuk tiap putaran mesin, dan meningkat pada putaran tinggi. Akan tetapi, panas kompresi yang terlalu tinggi tidak selalu menjamin terjadinya proses pembakaran yang lebih baik, karena panas berlebih dapat menyebabkan proses pembakaran tidak terjadi pada titik optimalnya. Sehingga daya engkol yang dihasilkan juga tidak maksimal. Kenaikan daya engkol terbesar memang terjadi pada putaran tertinggi (3500 rpm), tetapi persentase kenaikan daya engkol tertinggi terjadi pada putaran 3000 dan 2000 rpm.

Penggunaan jumlah zeolit yang berbeda juga menunjukkan hasil daya engkol yang berbeda pula. Semakin besar jumlah zeolit teraktivasi fisik yang digunakan, maka semakin besar pusat aktif kristal zeolit, artinya udara yang berkontak dengan zeolit semakin besar pula. Akibatnya udara pembakaran yang telah disaring memiliki konsentrasi oksigen yang lebih banyak dari sebelumnya.

Untuk mengetahui hemat tidaknya pemakaian bahan bakar pada operasi motor bensin ini dapat dilihat dari seberapa besarnya nilai bsfc yang dihasilkan. Besarnya nilai bsfc yang diperoleh diilustrasikan ke dalam bentuk grafik, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pemakaian bahan bakar spesifik hasil pengujian pada beragam putaran mesin

Gambar 3 menunjukkan nilai bsfc yang terjadi pada operasi menggunakan zeolit teraktivasi fisik ini lebih rendah. Penurunan yang tajam telah terlihat pada penggunaan 25 gram zeolit teraktivasi fisik untuk tiap putaran mesin. Penggunaan 25 gram zeolit teraktivasi fisik berhasil menurunkan nilai bsfc sebesar 0,0194 kg/kWh (7,36 %), sedangkan pada penggunaan 50 gram zeolit, penurunan terbaik diperoleh sebesar 0,0197 kg/kWh (7,50 %), yang terjadi pada putaran 1500 rpm.

Berbeda halnya dengan daya engkol, penurunan nilai bsfc terbaik terjadi pada putaran rendah, yaitu pada putaran 2000 dan 1500 rpm. Penurunan nilai bsfc terbaik untuk tiap putaran mesin (dari 1500 hingga 3500 rpm) juga terjadi pada penggunaan 200 gram zeolit, yaitu sebesar 0,0227 kg/kWh (8,63 %), 0,0216 kg/kWh (8,97 %), 0,0146 kg/kWh (6,13 %), 0,0197 kg/kWh (7,46 %), dan 0,0192 kg/kWh (6,99 %). Semakin banyak jumlah zeolit yang digunakan, semakin rendah nilai bsfc yang terjadi, artinya operasi mesin yang lebih hemat bahan bakar. Hal ini dapat terjadi karena jumlah dan luas pusat aktif zeolit ini bertambah. Akibatnya, lebih banyak udara pembakaran yang berkontak dengan zeolit, sehingga lebih banyak unsur-unsur selain oksigen dalam udara pembakaran yang ditangkap. Artinya udara pembakaran yang telah berkontak dengan zeolit ini memiliki konsentrasi oksigen yang lebih tinggi. Dengan tingginya konsentrasi oksigen dalam udara pembakaran, maka panas kompresi diterima lebih banyak oleh bahan bakar dan oksigen. Akibatnya, ikatan antar partikel bahan bakar dan oksigen mampu diputus lebih banyak. Hal ini berarti proses oksidasi yang eksotermis berlangsung lebih cepat, dimana persentase bahan bakar yang menguap dan terbakar lebih banyak. Kejadian ini berakibat kepada rendahnya nilai bsfc yang terjadi (proses hemat bahan bakar). Nilai bsfc yang mampu diturunkan oleh zeolit teraktivasi fisik ini (0,0216 kg/kWh atau 8,97 %) lebih tinggi dibanding menggunakan zeolit alam murni (0,016 kg/kWh atau 8,03 %).

Dari penjelasan di atas terlihat bahwa penggunaan zeolit teraktivasi fisik pada operasi motor bensin 4-langkah memberikan hasil yang lebih baik dibanding pada penggunaan zeolit alam murni. Secara keseluruhan, besarnya peningkatan rata-rata daya engkol menggunakan zeolit teraktivasi fisik sebesar 0,1517 kW (5,55 %), dan sebesar 0,118 kW (4,26%) pada penggunaan zeolit alam murni. Di sisi lain, besarnya penurunan rata-rata bsfc yang diperoleh sebesar 0,0196 kg/kWh (7,64 %) pada penggunaan zeolit teraktivasi fisik, sedangkan pada penggunaan zeolit alam murni diperoleh sebesar 0,013 kg/kWh (6,48%).

## Kesimpulan

Penggunaan zeolit teraktivasi fisik asal Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan Propinsi Lampung telah berhasil menaikkan kinerja motor bensin 4-langkah, bahkan lebih tinggi dibanding pada penggunaan zeolit alam murni. Semakin banyak zeolit teraktivasi fisik yang digunakan, maka semakin besar kinerja mesin yang mampu ditingkatkan. Besarnya peningkatan daya engkol yang lebih tinggi terjadi pada operasi putaran sedang ke atas (2000 rpm ke atas), sedangkan besarnya penurunan nilai bsfc yang lebih baik terjadi pada operasi putaran rendah (1500 dan 2000 rpm).

## Daftar Pustaka

- Bekkum V.H., et al.**, 1991, “*Introduction to Zeolite Science and Practice*”, Elsevier Science Publishers B.V., Netherlands.
- Dinas Pertambangan Provinsi Lampung**, 2001, “*Buku Informasi Potensi Pertambangan dan Energi Provinsi Lampung*”, Dinas Pertambangan Provinsi Lampung, Bandar Lampung.
- Ganesan V.**, 1996, “*Internal Combustion Engines*”, McGraw Hill, USA.
- Izumi J, et al.**, 2002, “*Development on high performance gas separation process using gas adsorption*”, Technical Review Vol. 39 No. 1.
- Patent USA No. 6544318.** Maret 2006. “*High purity oxygen production by pressure swing adsorption*”. Steelhead Specialty Minerals Inc. [www.steelheadspecialtyminerals.com/206.htm](http://www.steelheadspecialtyminerals.com/206.htm)
- Patent USA No. US6489052.** Maret 2006. “*Secondary oxygen purifier for molecular sieve oxygen concentrator*”. Delphion Inc. [www.delphion.com/details?pn=US06489052](http://www.delphion.com/details?pn=US06489052)
- Ribeiro F.R., et al.**, 1984, “*Zeolites: Science and Technology*”, Proceedings of the NATO ASI Series, The Netherlands.
- Suryawan B., dkk.**, 2001, “*Studi Tentang Zeolit Alam Lampung Jenis Klinoptilolit Sebagai Salah Satu Alternatif Bahan Adsorben*”, Jurnal Teknologi no.4 Fakultas Teknik-Universitas Indonesia, Jakarta.
- Suyartono dan Husaini**, 1992, “*Kegiatan Penelitian Dan Pengembangan Zeolit Indonesia Periode 1980-1981*”, Majalah Pertambangan & Energi Nomor 5 Tahun XVII, PPTM, Bandung.
- Wardono H.**, 2005a, *Pengaruh Pemakaian Zeolit Alam Lampung Pada Motor Bensin 4-Langkah Terhadap Kinerja Mesin*, Prosiding Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI) 2005 di Universitas Tarumanagara, Jakarta.
- Wardono H., dan Ginting S. br.**, 2005b, “*Pemanfaatan Zeolit Alam Sidomulyo Lampung Teraktifkan Untuk meningkatkan Performan Motor Bensin 4-Langkah*”, Laporan akhir Penelitian Dosen Muda – DIKTI, Bandar Lampung..