

**Kajian Penggunaan Zeolit Alam Kabupaten Kupang
Untuk Menurunkan Emisi Gas Buang Co dan HC
Pada Motor Bensin 4 Silinder**

*Study of Natural Zeolite Utilization of Kupang Regency
To reduce Co and HC Exhaust Emissions
On 4 Cylinder Gasoline Engine*

Aris Palinggi ,Oktovianus D. Rerung, Edwin P.D. Hattu
Teknik Mesin Politeknik Negeri Kupang
e-mail : apapaling1@gmail.com

Salah satu upaya pengurangan konsentrasi emisi gas buang adalah dengan menggunakan *catalytic converter* baik yang dibuat maupun yang diambil dari alam. Kabupaten Kupang adalah daerah yang terdapat banyak zeolit alam dan banyak ditemukan pada tambang tanah putih dengan bentuk berupa batuan dengan bobot yang ringan. Tujuan Penelitian ini untuk mengetahui perubahan konsentrasi emisi gas CO dan HC, saat menggunakan katalis dari zeolit alam Kabupaten Kupang dengan luas kontak berbeda, yang selanjutnya dibandingkan terhadap keadaan standar. Metode kajian yang digunakan adalah mengambil sampel zeolit dari Kabupaten Kupang kemudian dibuat dalam butiran kecil dan dipakai sebagai penyaring dalam knalpot yang dibuat berdasarkan ukuran luas kontak yang diperlukan. Luas kontak zeolit dengan gas buang adalah 1000 cm², 1500 cm², 2000 cm², 2500 cm² dan 3000 cm². Pengujian dilakukan dengan variasi putaran engine 1000 sampai dengan 3500 rpm. Hasil penelitian menunjukkan penurunan emisi CO sebesar 31 % dan HC sebesar 17 % terhadap konsisi standar, dengan penurunan emisi terbesar terjadi pada luas kontak yang besar, sedangkan terhadap putaran mesin juga terjadi penurunan pada putaran tinggi.

Kata Kunci : Zeolit, Emisi, Motor Bensin.

One effort to reduce the concentration of exhaust emissions is to use catalytic converter either made or taken from nature. Kupang Regency is an area with many natural zeolite and is found in white mine with rock form with light weight. The purpose of this research is to know the change of CO and HC gas emission concentration, when using catalyst from natural zeolite of Kupang Regency with different contact area, Which is then compared against the standard state. The study method used is taking samples of zeolite from Kupang district then made in small grains and used as a filter in the exhaust made based on the size of the required contacts. The zeolite contact area with the flue gas is 1000 cm², 1500 cm², 2000 cm², 2500 cm² and 3000 cm². Testing is done with engine rotation variation 1000 to 3500 rpm. The results showed a decrease in CO emissions by 31% and HC by 17% against standardized constituents, with the largest emission reductions occurring in large contact areas, whereas the engine rotation also decreased at high rotation.

Keywords: Zeolite, Emissions, Gasoline Motor.

Pendahuluan

Imbas dari kemajuan dan perkembangan teknologi secara global adalah bertambahnya jumlah kendaraan yang beroperasi dan masih menggunakan bahan bakar fosil seperti bensin dan solar. Hal ini sangat berpotensi meningkatkan pencemaran udara akibat hasil pembakaran. Penyebab meningkatnya emisi pada motor bakar antara lain perbandingan udara bahan bakar (AFR) yang tidak tepat, kualitas bahan bakar dan mesin yang tidak lagi standar akibat usia. Karena keadaan ini dapat membahayakan lingkungan maka perlu dilakukan pencegahan. Langkah-langkah dan usaha yang dilakukan untuk mereduksi gas buang yang berbahaya pada kendaraan bermotor sudah banyak dilakukan terutama di negara-negara maju (USA, Eropa) dan kini termasuk negara-negara di Asia, seiring semakin ketatnya peraturan dunia tentang emisi gas buang kendaraan bermotor. Secara umum dengan merujuk pada program *environment sustainable transportation* (EST), untuk mengontrol atau mengurangi polutan udara dari kendaraan bermotor (*internal combustion engine*) dapat dilakukan dengan cara modifikasi pada mesin, modifikasi penggunaan bahan bakar atau sistem bahan bakarnya dan modifikasi pada saluran gas buang. (B. Irawan, 2003).

Untuk mengurangi toksisitas dari mesin pembakar internal digunakan alat yang disebut *catalytic converter*. Alat ini telah digunakan di USA sejak 1975 karena peraturan EPA yang semakin ketat tentang gas buang kendaraan bermotor. Alat ini mengkonversi

senyawa-senyawa toksik dalam gas buang menjadi zat-zat yang kurang toksik atau tidak toksik.

Dengan demikian untuk memenuhi peraturan tersebut, kendaraan bermotor harus dilengkapi dengan *Catalytic Converter*. Pemerintah Indonesia juga mengikuti peraturan tentang emisi gas buang yang mengacu pada EURO 1, EURO 2 dan EURO 3, Sehingga kendaraan bermotor di wilayah ini harus dilengkapi dengan piranti *Catalytic Converter*.

Dengan pertimbangan efisiensi, utamanya harga dari katalis logam mulia yang sangat mahal maka zeolit alam yang terdapat banyak di Nusa Tenggara Timur dipilih untuk digunakan sebagai katalis dengan memanfaatkan salah satu teknologi rekayasa sebagai wujud dari *vehicle Emission control* yaitu modifikasi saluran gas buang dengan melakukan pemasangan *catalytic converter* pada sistem pembuangan gas kendaraan bermotor. Peneliti akan melakukan penelitian dengan mengkaji dan melakukan rancang bangun *catalytic converter* dengan bahan Katalis dari zeolit alam Kabupaten Kupang

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan merancang sebuah alat yang berfungsi mereduksi emisi gas buang CO dan HC yang merupakan polutan utama dari motor bensin dengan memanfaatkan zeolit alam dari Kabupaten Kupang. Alat yang akan dirancang berupa saringan yang disambungkan dengan saluran gas buang. Sangat diharapkan bahwa zeolit alam di NTT mempunyai kemampuan untuk mereduksi polutan dari gas buang dengan menggunakan metode yang dirancang peneliti.

Tinjauan Pustaka

Catalytic Converter

Catalytic Converter pada dasarnya merupakan sebuah reaktor unggun tetap (*Fixed Bed Reaktor*) yang beroperasi dinamis dan mengolah zat-zat yang mengandung emisi gas buang berbahaya menjadi zat-zat yang tidak berbahaya. *Catalytic Converter* merupakan sebuah converter (pengubah) yang menggunakan media yang bersifat katalis, dimana media tersebut diharapkan dapat membantu atau mempercepat terjadinya proses perubahan suatu zat (reaksi kimia) sehingga gas seperti CO dapat teroksidasi menjadi CO₂ (Springer-Verrag, New York Inc, 1970).

Katalis

Media katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Media yang biasa digunakan sebagai katalis adalah logam yang mahal dan jarang seperti palladium, Platinum dan Stainless Steel (Heisler, 1995).

Catalytic converter yang umum dipakai ada berbagai macam bentuk, secara garis besar dapat digolongkan menjadi dua golongan (Husselbee W.L., 1995), yaitu: Sistem ini sering disebut juga *single bed oksidation*, mampu mengubah CO dan HC menjadi CO₂ dan H₂O. *Catalytic* jenis ini beroperasi pada kendaraan udara berlebih (*Excess air setting*). udara berlebih yang digunakan untuk proses oksidasi yang dapat diperoleh melalui pengaturan campuran miskin (*Lean mixture setting*) atau sistem injeksi udara sekunder. Jenis ini banyak digunakan pada motor diesel

karena kemampuannya mengoksidasi zat-zat partikel dengan mudah.

Pada sistem ini terdiri dari dua sistem katalis yang dipasang segaris. Dimana gas buang pertama kali mengalir melalui *Catalytic* reduksi dan kemudian *catalytic* oksidasi. Sistem pertama (bagian depan) merupakan katalis reduksi yang berfungsi menurunkan emisi NO_x, sedang sistem kedua (bagian belakang) merupakan katalis oksida yang menurunkan emisi HC dan CO. Mesin yang dilengkapi dengan sistem ini biasanya dioperasikan dengan kondisi campuran kaya.

Tipe yang lain adalah *Tree-Way Catalytic Converter*. Pada tipe ini dirancang untuk mengurangi gas-gas polutan seperti CO, HC dan NO_x yang keluar dari *exhaust system* dengan cara mengubah melalui reaksi kimia menjadi CO₂. Uap air (H₂O) dan Nitrogen (N) (Emission Control Toyota, 2000).

Aplikasi pada perlakuan terhadap gas buang kendaraan bermotor dengan memasang *Catalytic Converter* banyak dikembangkan dan dilakukan oleh peneliti akhir-akhir ini. Menurut Dowden dalam bukunya, *Catalytic Hand Book*, umumnya *Catalytic Converter* yang dipakai pada kendaraan bermotor (ada di pasaran) adalah tipe pelet dan monolithic dengan bahan katalis dari logam-logam mulia seperti palladium (Pd), Platinum (Pt), dan Rodium (Rh) (Dowden, 1970).

Logam-logam mulia tersebut memiliki aktifitas spesifik yang tinggi, namun memiliki tingkat volatilitas besar, mudah teroksidasi dan mudah rusak pada suhu 500 – 900 derajat Celsius sehingga mengurangi aktifitas katalis. Selain itu logam-logam mulia tersebut

mempunyai jumlah sedikit dan harga yang cukup mahal.

Pemasangan *catalytic converter* pada saluran gas buang yang menggunakan bahan logam katalis Pd, Pt dan Rh dengan penyangga alumina, silica dan keramik, saat ini memerlukan biaya yang cukup mahal dalam pembuatannya, sulit di dapat dan kurang cocok digunakan di Indonesia yang bahan bakarnya masih ada yang mengandung Pb. Jenis *Catalytic Converter* ini dapat mengkonversi emisi gas buang (CO, HC dan NO_x) cukup tinggi (80 - 90%). (Warju.2006)

Oleh sebab itu penggunaan logam transisi yang mempunyai kelimpahan yang tinggi dan harga relatif murah dapat menjadi salah satu alternatif. Beberapa oksida logam transisi yang cukup aktif dalam mengoksidasi emisi gas CO antara lain : CuO, NiO dan Cr₂O. Beberapa bahan yang diketahui sebagai katalis oksidasi yaitu platinum. Plutonium, Nikel, Mangan, chromium dan oksidanya dari logam-logam tersebut Sedangkan beberapa logam diketahui sebagai katalis reduksi, yaitu besi, tembaga, Nikel paduan dan oksida dari bahan-bahan tersebut. (Obert 1973).

Disamping itu beberapa logam yang diketahui efektif sebagai bahan katalis oksida dan reduksi mulai dari yang besar sampai yang kecil adalah Pt, Pd, Ru Mn, Cu, Ni, Fe, Cr, Zn dan oksida dari logam-logam tersebut (Dowden. 1970)

Zeolit Alam

Zeolit alam merupakan mineral alam yang tersusun dari kristal padat dengan kerangka tiga dimensi serta ukuran pori yang tidak seragam. Kelebihan zeolit alam adalah ukuran pori besar, mampu menukar

kation, memiliki pusat asam, stabilitas termalnya tinggi, harganya murah, dan mudah dimodifikasi. sifat aktivitas zeolit mempunyai kemampuan untuk digunakan sebagai katalis, sangat memungkinkan Kondisi ini disebabkan kemudahan untuk memodifikasi struktur, zeolit dapat dimodifikasi berdasarkan rasio Al/Si, serta berpori. Kenaikan rasio Al/Si akan berpengaruh pada kestabilan zeolit pada temperatur tinggi dan lingkungan yang reaktif. Struktur pori zeolit berperan penting untuk proses katalitik sebab pori berfungsi untuk mendapatkan reaksi katalitik. Kemampuan selektivitas dan stabilitas zeolit lebih baik dari pada logam, sehingga sifat fisiknya dapat diperbaiki. Melalui proses asam, perlakuan panas yang tinggi, kalsinasi, oksidasi, impregnasi dan reduksi maka keasaman zeolit alam akan meningkat. Terjadinya peningkatan keasaman akan menyebabkan ukuran pori menjadi lebih seragam dengan menutupi pori-pori kecil dan meningkatkan stabilitas termalnya. Peningkatan Si/Al mengakibatkan perubahan struktur kristal, stabilitas katalis, dan kandungan kation, sehingga selektivitas fungsi katalis meningkat. (Winoko A.Y., 2010)

Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh Dwyer dengan menggunakan skala laboratorium menunjukkan bahwa aktifitas *catalytic Copper Chromite* yg merupakan campuran antara CuO dengan Cr₂O₃ lebih baik dari campuran tunggalnya dalam mengoksidasi CO. Disamping itu masih ada logam katalis yang lebih murah, mudah dikerjakan dan mudah didapat untuk dijadikan *Catalytic Converter* antara lain : CuO atau zeolite

alam, Cu-Al₂O₃ , Cu, Mn, Mg, *catalytic converter* jenis ini mampu mengurangi emisi gas buang (Co, HC, Nox) cukup tinggi antara 16 % sampai 80% (Dwyer, 1973).

Penelitian tentang zeolit alam di Indonesia yang berfungsi katalis untuk mengurangi CO dan HC dari knalpot kendaraan bermotor dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya: Eko D. (2001), katalis zeolit alam untuk reduksi emisi gas buang motor bensin empat langkah satu silinder, menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi HC 58,23%, CO naik 33,94% . Muhaji (2001), zeolit alam yang disanggah mangan sebagai katalis sepeda motor 4-langkah. Penelitian ini parameternya zeolit alam dan bahan penyangga Mn. Hasil penggunaan zeolit alam sebesar 15 gr dan Mn sebesar 26 gr mampu menurunkan kandungan gas CO sebesar 76,4 % , gas Nox sebesar 70% serta HC sebesar 86%. Winoko A.Y (2008) Menggunakan zeolit sintetis untuk katalis motor bensin. Hasil menunjukkan adanya penurunan konsentrasi HC sebesar 53,89% dan CO sebesar 57,75% terhadap standar. Pada peneliti terdahulu ini menggunakan motor bensin dengan silinder tunggal (sepeda motor). Winoko A.Y. (2010) menggunakan zeolit alam Kabupaten Malang dan hasil menunjukkan terjadi penurunan CO

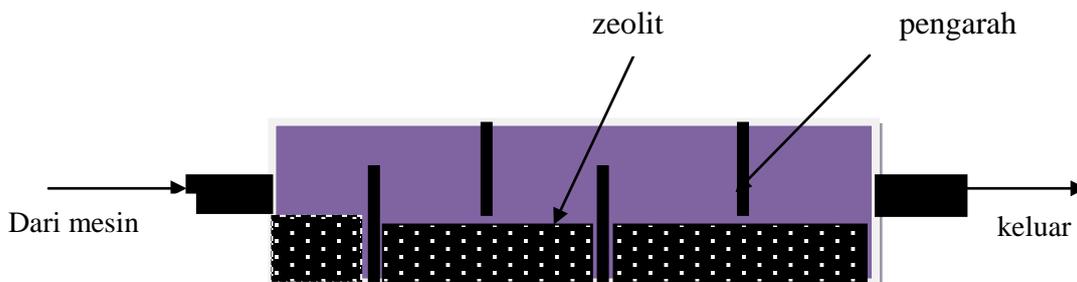
sebesar 53,97 % dan HC turun 54,62 % dengan menggunakan mesin bensin empat silinder.

Metodologi

Penelitian ini disusun berdasarkan pemikiran dan tahapan yang sistematis. Pada tahap awal dilakukan dengan kajian pustaka untuk memperdalam bidang yang akan dikaji baik tentang masalah emisi, teknologi untuk mengatasi polusi maupun cara- cara pembuatan *converter*. Study pustaka dilakukan untuk melihat beberapa penelitian terdahulu dan hasil yang didapatkan sehingga nanti akan menjadi pijakan dan perbandingan hasil yang dicapai sekaligus menghindari penelitian yang berulang.

Bahan Penelitian

Bahan penelitian terdiri dari tiga buah yaitu plat stainlesssteel , zeolit alam dan asam sulfat H₂SO₄. Zeolit dipecahkan dalam bentuk kecil dengan ukuran rata-rata 1cm² agar mudah untuk menghitungnya, sedangkan plat stainlesssteel dibuat berupa tabung tertutup dan bagian dalam terdapat pengarah dan diisi dengan zeolit. Asam sulfat digunakan untuk merendam zeolit dengan maksud untuk meningkatkan daya absorb pada gas buang. Perendaman selama 1 jam.



Gambar 1. Converter

Zeolit Alam

Zeolit yang digunakan diambil dari daerah Tanah Merah Kabupaten Kupang berupa bongkahan batu besar dan pecahkan menjadi butiran kecil.



Gambar 2. Zeolit Alam

Mesin Uji

Mesin uji terdiri dari seperangkaian alat yang terdiri dari sebuah mesin mobil Kijang 7 K dan perlengkapannya buatan tahun 1997, 1500 cc bahan bakar bensin.

Alat-alat ukur

Alat ukur yang digunakan antara lain Gas Analyzer merek Star Gas pada Lab. Otomotif Politeknik Negeri Kupang dan Thacometer Digital

Persiapan Kondisi Standart Mesin

Sebelum pengambilan data pengujian dilakukan, terlebih dahulu perlu mempersiapkan kondisi standar, sehingga mesin dalam kondisi siap untuk dijalankan. Adapun kegiatan yang dilakukan saat pengkondisian mesin adalah sebagai berikut: Pertama kali mengganti minyak pelumas dan memeriksa dari adanya kebocoran kebocoran yang mungkin terjadi, kemudian melakukan Tune up mesin

kendaraan uji, melakukan penggantian saringan udara, melakukan pemeriksaan air radiator, dan memeriksa system kelistrikan mobil dan accu.

Tahapan Pengambilan Data

Pada tahap pengambilan data, peneliti melakukan kegiatan sebagai berikut : memanaskan mesin yang bertujuan untuk mempersiapkan mesin supaya siap pada kondisi pengujian. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut : pertama menghidupkan mesin dan dipanaskan selama 10 menit dalam kondisi stasioner, memeriksa kondisi mesin uji dan memastikan semua berjalan normal dan instrument berfungsi dengan baik.

Selanjutnya setelah pemanasan mesin dilakukan Kalibrasi *Gas Analyzer* yang bertujuan untuk mendapatkan hasil pengukuran yang akurat. Kalibrasi ini bekerja secara otomatis. Setelah selesai kalibrasi pengujian emisi gas buang siap dilakukan. Tahap pertama, pengukuran tanpa *catalytic converter*. Pengukuran ini memiliki tujuan untuk mengetahui konsentasi emisi gas buang yang dikeluarkan mesin uji tanpa penambahan alat apapun. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan setiap data yang didapat dicatat hasilnya untuk dianalisis.

Langkah-langkahnya sebagai berikut : pertama mesin dalam keadaan menyala, putaran idle, colok ukur dimasukkan ke dalam mulut knalpot, kemudian injak pedal gas dan baca rpm motor, kemudian baca display pada alat uji gas analyzer, catat hasil angka pengukuran pada display, ulangi langkah ke dua untuk variasi rpm yang

berbeda, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 3500 kembali ke 3000, 2500, 2000, 1500, 1000 dan sampai putaran idle kembali dan setiap pengukuran rpm yang berbeda colok ukur ditarik dari lubang knalpot.

Setelah pengukuran tanpa *Catalytic Converter* selesai, dilanjutkan dengan pengukuran dengan *catalytic converter*, adapun langkah-langkahnya sebagai berikut : pertama mesin uji dimatikan, kemudian pasang unit *Catalytic Converter* pada sambungan saluran gas buang setelah exhaust manifold, setelah terpasang, mesin dihidupkan kembali untuk melakukan pengukuran tahap pertama dengan luas kontak katalis 1000 cm² dengan putaran 1000 rpm, 1500, 2000, 2500 dan 3500 rpm, kemudian mesin dimatikan dan mengganti katalis converter dengan luas kontak 1500 cm² . untuk katalis dengan luas kontak yang lain dilakukan seperti langkah yang terdahulu. Pada saat penggantian luas kontak katalis, pastikan tidak terjadi kebocoran gas. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali.

Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga variabel pengujian yaitu: Variabel kendali yang meliputi: jenis katalis berbahan zeolit alam Kabupaten Kupang, bahan bakar premium, dan ukuran dari butiran zeolit. Variabel berubah yang meliputi: variasi rpm mesin, dan luas kontak katalis. Variabel respon yaitu konsentrasi emisi gas Co dan HC tanpa

katalis dan konsentrasi emisi gas CO dan HC dengan katalis.

Analisis Data

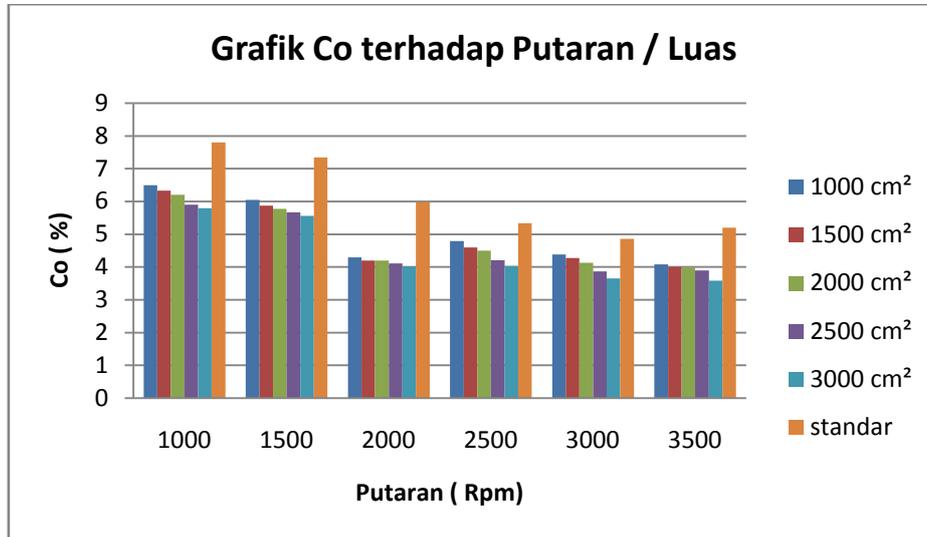
Data yang diperoleh akan dianalisa secara deskriptif dengan melihat melalui tampilan grafik-grafik yang ada untuk mengetahui hubungan dan seberapa berarti pengaruh variasi-variasi dilakukan pada penelitian ini terhadap emisi gas buang CO dan HC.

Hasil dan Pembahasan

Dengan merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Yuniarto A.W. (2010) bahwa zeolit alam di daerah Malang Jawa Timur dapat menurunkan emisi gas buang, maka peneliti mencoba melakukan penelitian dengan menggunakan zeolit dari daerah Kupang, NTT untuk mereduksi polutan pada motor bensin empat langkah 4 silinder.

Menurut R.M. Bagus Irawan (2011) bahwa logam seperti Mn, Pt, Pd dan Ru serta Cu dapat menurunkan emisi namun karena bahan tersebut terbatas dan mahal maka peneliti tidak menggunakan bahan logam tersebut untuk penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian yang peneliti dapatkan bahwa zeolit alam Kabupaten Kupang dapat menurunkan emisi gas buang motor bensin empat silinder yaitu Co turun 31 % dan HC turun 17,2%.

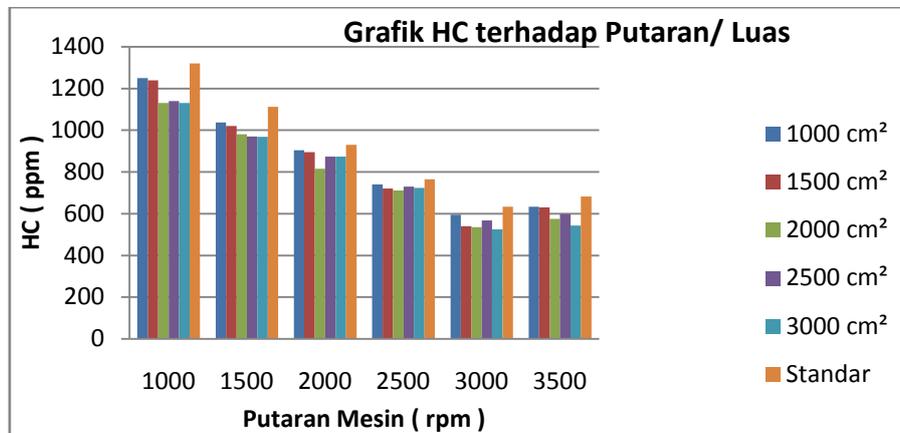


Gambar 3. Grafik Penurunan Emisi Co

Dari gambar 3 di atas menunjukkan bahwa terjadi penurunan emisi gas buang seiring dengan bertambahnya luas kontak zeolit terhadap gas buang, penurunan signifikan jika dibandingkan dengan kondisi tanpa catalytic converter, berdasarkan luas kontak pada grafik didapatkan persentase CO pada putaran 1000 rpm tertinggi pada luas kontak 1000 cm² 6,5 % dan terendah pada luas kontak 3500 cm² yaitu 5,8 %, namun knalpot standar tetap lebih tinggi yaitu 7,8 %. Pada putaran 1500 rpm pada luas kontak 1000 cm² persentase CO tertinggi yaitu 6,05 % sedangkan terendah pada luas kontak 3000 cm² yaitu 5,56 %, sedangkan pada knalpot standar tetap lebih tinggi yaitu 7,34 %. Untuk putaran 2000 rpm pada luas kontak 1000 cm² persentase CO 4,3 % sedangkan pada luas kontak 3000 cm² persentase CO terendah yaitu 4,01 % namun pada kondisi knalpot standar persentase CO 5,98 %. Untuk putaran

2500 rpm persentase CO pada luas kontak 1000 cm² tertinggi yaitu 4,79 % dan terendah pada putaran 3000 cm² yaitu 4,03 % sedangkan pada knalpot standar persentase CO 5,34 %. Pada putaran 3000 rpm persentase CO tertinggi pada luas kontak 1000 cm² yaitu 4,38 % dan terendah pada luas kontak 3000 cm² yaitu 3,65 % sedangkan pada knalpot standar persentase CO 4,86 %. Untuk putaran 3500 rpm persentase CO tertinggi pada luas kontak 1000 cm² yaitu 4,08 % dan terendah pada luas kontak 3000 cm² yaitu 3,65 % sedangkan pada knalpot standar persentase CO 5,2 %. Dengan angka persentase emisi Co tersebut diatas maka penurunan yang terbesar terjadi pada luas kontak 3000 cm² dengan putaran 3500 rpm dengan penurunan dari 5,2 ke 3,58 % atau persentase penurunan 31 %.

Untuk penurunan emisi HC ditunjukkan seperti gambar 4 berikut ini



Gambar 4. Grafik penurunan HC

Dari gambar 4 di atas dapat dilihat penurunan emisi HC yang semakin menurun seiring dengan peningkatan luas kontak katalis dengan gas buang. Untuk putaran yang lebih tinggi antara 3000 rpm dan 3500 rpm terjadi fluktuasi penurunan emisi disebabkan perubahan campuran udara dan bahan bakar yang masuk ruang bakar dan merupakan hal yang wajar (R.M. Bagus Irawan, 2011). Dapat juga dilihat bahwa pada putaran 1000 rpm persentase ppm tertinggi pada knalpot standar yaitu 1321 ppm, terendah terdapat pada luas kontak 3000cm² yaitu 1130 ppm. Pada putaran 1500 rpm persentase HC tertinggi terdapat pada standar yaitu 1112 ppm dan terendah pada luas kontak 3000² yaitu 968 ppm. Pada putaran 2000 rpm konsentrasi HC tertinggi pada standard yaitu 930 ppm dan terendah pada luas kontak 3000 cm² yaitu 873 ppm. pada putaran 2500 rpm konsentrasi HC terbanyak pada standar yaitu 765 ppm dan terendah pada luas kontak 3000 cm² yaitu 724 ppm. Pada putaran 3000 rpm konsentrasi HC tertinggi pada standar yaitu 634 ppm sedangkan terendah pada

luas kontak 3000 cm² yaitu 525 ppm Pada putaran 3500 rpm konsentrasi CO terbanyak pada luas kontak 1500 cm² yaitu 670 ppm dan terendah pada luas kontak 3000 cm². dengan data tersebut diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan emisi gas buang terbesar pada luas kontak 3000 m² yaitu 543 PPM dari yang standar 655 PPM atau turun 17 %.

Kesimpulan

1. Rancangan Knalpot *Catalytic Converter* dengan bahan zeolit alam dari Kabupaten Kupang dapat menurunkan emisi gas buang motor bensin empat silinder
2. Penambahan ukuran luas kontak antara zeolit dengan gas buang dapat meningkatkan absorpsi pada emisi gas buang.
3. *Catalytic Converter* dengan bahan zeolit alam Kabupaten Kupang dapat menurunkan emisi Co sebesar 31 % dan HC sebesar 17 %

Saran

Penelitian ini perlu dilanjutkan dengan metode pembuatan atau bentuk kanlpot dan *catalytic converter* yang lain agar bisa didapatkan hasil yang pasti.

Daftar Pustaka

- Arismunandar, W. (1994) *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Penerbit ITB, Bandung
- Bahl, B. S. dkk. (1997) *Essentials of Physical Chemistry*. S. Scand & Company Ltd., New Delhi.
- Dowden, D. A. dkk. (1970), *Catalytic Handbook*. Springer-Verlag Wien, New York
- Eko D.S, (2001), *Studi Eksperimental Terhadap Pengurangan Polutan Gas Buang Motor Bensin*
4 Langkah Dengan Penggunaan Zeolit, Tugas Akhir, Teknik Mesin FTIITS, Surabaya.
- Fogler Scott.H.(1992). *Elements of Chemical Reaction Engineering, 2nd edition*, Prentice-Hall International, Inc.USA.
- Heywood, John B, (1988), *Internal Combustion Engine Fundamental*, Mc GrawHill Book Co , New York.
- Heisler H. 1995. *Advance Engine Technology* Hodder Headline Group, London
- Irawan B. 2007, *Pengaruh Letak Catalitic converter Terhadap Keluaran Emisi Gas Karbon Monoksida dan Hidrokarbon Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Irawan B. 2011, *Prototipe Catalityc Converter dari Tembaga Berlapis Mangan Untuk Mereduksi Emisi Gas Buang Motor Bensin*, Majalah Traksi
- Muhaji. (2001). *Pengaruh Zeolit Alam dan Mn Sebagai Katalis Silencer Sepeda Motor 4 Langkah Terhadap Kadar Emisi Gas Buang, Unjuk Kerja dan Sound Pressure Level*, Tesis S-2, Jurusan Teknik Mesin FTIITS, Surabaya.
- Obert. Edward F. 1973, *Internal combustion Engine And Air Pollution*, Third Edition . Harper & Row, Publisher, Inc. New York
- Shapiro N. Howard, Moran J. Saphiro, (2005), *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*
5 th edition, Edition international, John Willey and Sons, Inc, USA.
- Turns R. Stephen, (2000), *An Introduction To Combustion Concepts and Applications*, Mc Graw Hill, Boston
- Warju, 2006, *Pengaruh Penggunaan Catalityc Converter Tembaga Berlapis Mangan Terhadap Kadar Polutan Motor Bensin Empat Langkah*, Institut Teknologi Surabaya
- Winoko Agus Y, (2008), *Revitalisasi Material Zeolit Sebagai reduktor Polutan Motor bensin empat langkah*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang,
- Winoko Agus Y. (2010), *Uji Kemampuan adsorbsi Zeolit alam Malang Selatan terhadap emisi gas buang dan Kinerja motor bensin empat langkah multi silinder*. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang.