

Pengaruh Penggunaan Panas Gas Hasil Pembakaran Terhadap Penguraian Gas CO (Karbon Monoksida) Menjadi C (Karbon) dan O₂ (Oksigen) pada Asap Knalpot Sepeda Motor dengan Adsorben Zeolit

Farid Majedi
Mesin Otomotif
Politeknik Negeri Madiun
Madiun, Indonesia
Email : farid@pnm.ac.id

Abstrak— Zat beracun seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (Nox), sulfur oksida (SOx), zat debu timbal (Pb), dan partikulat. Untuk mengurangi kadar CO dari asap knalpot menjadi unsur yang tidak beracun. Untuk mengurangi emisi gas buang CO, maka dibuat alat yang menggunakan panas gas buang yang berfungsi untuk memecah molekul CO(g) menjadi C(s) + O₂(g), sehingga dengan alat *re-heater* ini diharapkan bisa mengurangi unsur emisi gas buang CO. Dari hasil pengujian, prosentase CO mengalami penurunan hingga 30 - 75%, prosentase HC mengalami penurunan hingga 40 - 65%, prosentase CO₂ mengalami peningkatan hingga 11 - 12%, dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater* dan *re-heater* + Zeolit.

Kata kunci— Reduksi Emisi gas buang, motor, zeolit (:).

I. PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor mengeluarkan gas buang terdiri dari zat yang tidak beracun, seperti nitrogen (N₂), karbondioksida (CO₂), dan uap air (H₂O), dan zat beracun seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (Nox), sulfur oksida (SOx), zat debu timbal (Pb), dan partikulat. Zat-zat yang dikeluarkan dari knalpot kendaraan mempunyai komposisi yaitu 72% N₂, 18,1% CO₂, 8,2% H₂O, 1,2% gas mulia, 1,1% O₂, dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% Nox, 0,09 HC, 0,9% CO. Selain dari gas buang unsur HC dan CO dapat pula keluar dari penguapan bahan bakar ditangki dan *blow by* gas dari mesin [1]. Dari Komposisi gas beracun memang prosentasenya kecil tapi akibatnya yang besar, contohnya gas CO pada konsentrasi yang tinggi dan jangka waktu tertentu dapat mengakibatkan pingsan dan kematian [6].

Dengan adanya problem ini penulis berkeinginan untuk mengurangi kadar CO dari asap knalpot menjadi unsur yang tidak beracun. Untuk mengurangi emisi gas buang CO, maka dibuat alat yang menggunakan panas gas buang yang berfungsi untuk memecah molekul CO(g) menjadi C(s) + O₂(g), sehingga dengan alat *re-heater* ini diharapkan bisa mengurangi emisi gas buang CO. Untuk menambah fungsi alat *re-heater* ini ditambahkan batu zeolit alam. Zeolit, satu nama mineral/batu yang dapat dijadikan sebagai adsorben untuk mengatasi pencemaran lingkungan [10]. Diharapkan dengan

penambahan Zeolit ini dapat menambah kinerja *re-heater* dalam memecah molekul CO(g) menjadi C(s) + O₂(g).

Dari beberapa penelitian yang berorientasi pada penurunan emisi gas buang terutama gas karbon monoksida (CO) antara lain: Dengan Alat penurun emisi gas buang dapat menurunkan kadar CO [5], Penggunaan pencampuran bioetanol pada bahan bakar dan pemakaian alat penghemat HCS menunjukkan penurunan emisi gas CO dan meningkatkan efisiensi bahan bakar [3], Modifikasi knalpot yang berisi zeolit, dapat mengurangi kadar CO hingga 50% persen [2], Penggunaan adsorben zeolit alam tanpa dan dengan didealuminasi menggunakan HCl 6M dapat mengurangi kadar CO dari 42 - 98% [8]

Dari penelitian sebelumnya hanya membahas tentang alat, pencampuran bioetanol dan pemakaian zeolit untuk mengurangi kadar CO.

Dengan adanya problem ini penulis mencoba melakukan riset tentang penggunaan alat *re-heater* ditambah dengan zeolit untuk mengurangi kadar CO pada emisi gas buang. Dalam melakukan riset menggunakan variasi penelitian knalpot standar, dengan alat *re-heater* dan alat *re-heater* + zeolit.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui penurunan kadar CO dengan cara memecah ikatan molekul CO(g) menjadi C(s) + O₂(g) menggunakan panas dari gas buang itu sendiri dan ditambah zeolit.

II. METODOLOGI

A. Alat Penguji

Alat

Dalam penelitian ini diuji dengan menggunakan sepeda motor yamaha mio 2008 dengan knalpot standar. Alat *re-heater* dipasang dibelakang knalpot. (lihat gambar 1)

B. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian langsung dengan menghidupkan sepeda motor sampai dengan

4000 rpm. Kemudian di tes dengan alat *gas analyser* untuk mengetahui emisi gas buang.

Variasi penelitian yaitu :

1. Knalpot standar
2. Knalpot dengan alat re-heater
3. Knalpot dengan alat re-heater + zeolit

Selain pengujian langsung juga dilakukan perhitungan untuk mengetahui panas yang dapat memecah ikatan pada molekul gas CO(g) menjadi C(s) + O₂(g), dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

- Menghitung perpindahan panas dengan rumus:

$$Q = U.A.\Delta T \tag{1}$$

Dengan :

U = harga perpindahan panas menyeluruh yang mampu dipertukarkan di dalam alat tambah

A = luas permukaan total dari alat tambah

- Menghitung beda temperatur logaritmik

$$\Delta T_{lmt} = \frac{(T_{2i}-T_{1o})-(T_{2o}-T_{1i})}{\ln[(T_{2i}-T_{1o})/(T_{2o}-T_{1i})]} \tag{2}$$

Dengan :

ΔT_{lmt} = beda temperatur logaritmik antara gas buang temperatur tinggi dengan gas buang temperatur rendah

T_{2i} = temperatur gas buang yang masuk ke dalam alat tambahan

T_{2o} = temperatur gas buang yang disirkulasikan kembali

T_{1i} = temperatur gas buang dari knalpot

T_{1o} = temperatur gas buang yang dilepas ke udara

- Menghitung harga perpindahan panas menyeluruh

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{hot}}\right) + \left(\frac{1}{h_{cold}}\right)} \tag{3}$$

Dengan :

h_{hot} = koefisien pertukaran panas konveksi pada temperatur T_{2i}

h_{cold} = koefisien pertukaran panas konveksi pada temperatur T_{1i}

- Menghitung h_{hot} pada temperatur T_{2i} dan h_{cold} pada temperatur T_{1i}

$$h = Nu \frac{k}{d} = 0,023 Re_d^{4/5} Pr^{0,4} \tag{4}$$

Dengan :

k = konduktivitas termis gas buang pada temperatur
d = diameter reheater yang digunakan dalam distribusi gas buang = 7mm

Re = bilangan Reynold

Pr = bilangan Prandtl

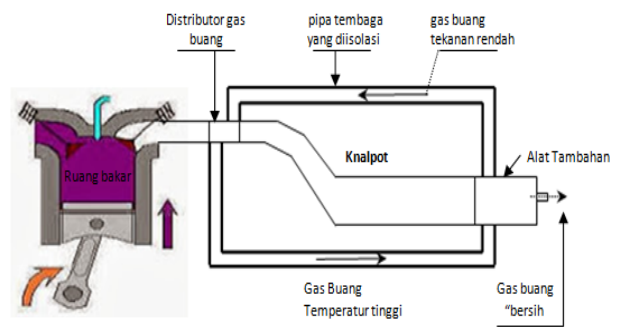
- Bilangan Reynolds

$$Re_d = \frac{\rho \cdot u_m \cdot d}{\mu} \tag{5}$$

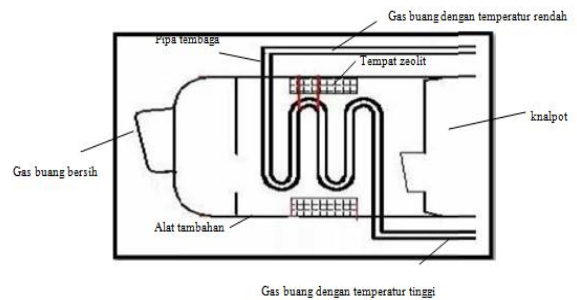
Dengan :

ρ = massa jenis gas

u_m = kecepatan gas



Gambar 1. Letak alat re-heater



Gambar 2. Re-heater + zeolit

III. HASIL DAN ANALISA

A. Perhitungan Panas pada Re-heater

Untuk menghitung perpindahan panas yang terjadi pada re-heater, kita hitung dengan cara :

- Menghitung beda temperatur logaritmik (Persamaan 2)

Di ketahui T_{2i} = 176,85°C = 450 K

T_{2o} = 69,85°C = 350 K

T_{1i} = 76,85°C = 343 K

T_{1o} = 61,85°C = 335 K

$$\Delta T_{lmt d} = \frac{(T_{2i} - T_{1o}) - (T_{2o} - T_{1i})}{\ln[(T_{2i} - T_{1o}) / (T_{2o} - T_{1i})]}$$

$$\Delta T_{lmt d} = \frac{(450 - 335) - (350 - 343)}{\ln[(450 - 335) / (350 - 343)]}$$

$$\Delta T_{lmt d} = \frac{115 - 7}{\ln(115/7)}$$

$$\Delta T_{lmt d} = \frac{108}{\ln(16,43)}$$

$$\Delta T_{lmt d} = 38,57 \text{ K}$$

- Untuk menghitung harga perpindahan panas menyeluruh yang mampu dipertukarkan di dalam alat tambah, maka dihitung h_{hot} pada temperatur T_{2i} dan h_{cold} pada temperatur T_{1i}

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_{hot}}\right) + \left(\frac{1}{h_{cold}}\right)}$$

- Menghitung h_{hot} pada temperatur T_{2i} dan h_{cold} pada temperatur T_{1i} .

Untuk menentukan koefisien pertukaran panas konveksi pada temperatur T_{2i} (h_{hot}) dicari berdasarkan pada *Reynolds* dan *Prandtl numbers*, dengan persamaan 4 :

$$h = Nu \frac{k}{d} = 0,023 Re_d^{4/5} Pr^{0,4}$$

Spesifikasi udara pada $T = 450 \text{ K}$:

ρ = massa jenis gas buang = 0,7833 kg/m³

c_p = kalor spesifik pada tekanan konstan = 1,0207 kJ/kg^oC

Pr = Prandtl number = 0,683

k = konduktifitas termal gas buang = 0,03707 W/m.K

μ = kekentalan dinamis dari gas buang = 2,484 x 10⁻⁵ kg/ m.s

Langkah pertama untuk menentukan harga h_{hot} yaitu mencari nilai *Reynolds number* nya terlebih dahulu, yaitu sebagai berikut : ($u_m = 0,75 \text{ m/s}$)

$$Re_d = \frac{\rho \cdot u_m \cdot d}{\mu}$$

$$Re_d = \frac{0,7833 \times 0,75 \times 0,007}{2,484 \times 10^{-5}}$$

$$Re_d = \frac{0,0041}{2,484 \times 10^{-5}}$$

$$Re_d = \frac{0,0041}{2,484 \times 10^{-5}}$$

$$Re_d = 165,82$$

Jadi Bilangan Reynold pada $T_{2i} = 165,82$

Langkah selanjutnya mencari Bilangan *Nusselt*

$$Nu_d = \frac{h \cdot d}{k} = 0,023 \times 165,82^{4/5} \times 0,683^{0,4}$$

$$Nu_d = 1,18$$

Jadi angka Nusselt pada $T_{2i} = 1,18$

Setelah bilangan *Reynold* dan *Nusselt* pada T_{2i} , langkah berikutnya adalah menentukan h_{hot} , berikut adalah harga h_{hot} dari T_{2i} :

$$h_{hot} = Nu \frac{k}{d}$$

$$h_{hot} = \frac{0,03707 \times 1,18}{0,007}$$

$$h_{hot} = 6,25 \text{ W/m K}$$

Jadi nilai h_{hot} pada T_{2i} adalah sebesar 6,25 W/m K

Setelah nilai h_{hot} pada T_{2i} telah ditemukan langkah selanjutnya adalah menentukan nilai h_{cold} , untuk menentukannya persamaan dan rumus yang digunakan sama seperti mencari nilai h_{hot} .

Untuk menentukan h_{cold} yang dihitung adalah pada temperatur gas buang yang disirkulasikan kembali yaitu T_{2o} dengan temperatur $T = 350 \text{ K}$

Spesifikasi udara pada $T = 350 \text{ K}$

ρ = massa jenis gas buang = 0,9980 kg/m³

c_p = kalor spesifik pada tekanan konstan = 1,0090 kJ/kg^oC

Pr = *Prandtl number* = 0,697

k = konduktifitas termal gas buang = 0,03003 W/m. K

μ = kekentalan dinamis dari gas buang = 2,075 x 10 kg/ m.s

Untuk menentukan harga h_{cold} langkah pertama yaitu mencari nilai *Reynolds* nya terlebih dahulu, yaitu sebagai berikut :

$$Re_d = \frac{\rho \cdot u_m \cdot d}{\mu}$$

$$Re_d = \frac{0,9980 \times 0,75 \times 0,007}{2,075 \times 10^{-5}}$$

$$Re_d = \frac{0,0052395}{0,00002075}$$

$$Re_d = 252,51$$

Jadi bilangan *Reynolds* pada $T_{2o} = 252,51$

Langkah selanjutnya mencari bilangan *Nusselt*

$$Nu_d = \frac{h \cdot d}{k}$$

$$Nu_d = 0,023 \times 252,51^{4/5} \times 0,697^{0,4}$$

$$Nu_d = 1,66$$

Jadi bilangan Nusselt pada $T_{20} = 1,66$

Setelah bilangan Reynolds dan Nusselt pada T_{20} , langkah berikutnya adalah menentukan h_{cold} , berikut adalah harga h_{hot} dari T_{20} :

$$h_{hot} = Nu \frac{k}{d}$$

$$h_{hot} = \frac{0,03003 \times 1,66}{0,007}$$

$$h_{hot} = 7,12 \text{ W/m}^2\text{C}$$

Jadi nilai h_{cold} pada T_{20} adalah sebesar $7,12 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nilai h_{hot} dan h_{cold} yang sudah ditemukan nilainya berdasarkan persamaan rumus di atas, langkah selanjutnya adalah mencari koefisien perpindahan panas menyeluruh dengan memasukan nilai h_{hot} dan h_{cold} kedalam persamaan 3:

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{6,25}\right) + \left(\frac{1}{7,12}\right)}$$

$$U = \frac{1}{(0,16) + (0,14)}$$

$$U = 3,33 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Langkah selanjutnya adalah mencari luas penampang *reheater*.

Dimana :

D = diameter pipa tembaga = $0,007 \text{ m}$

L = panjang pipa tembaga pendistribusian gas $T_{21} = 0,75 \text{ m}$

$$A = \pi \cdot D \cdot L$$

$$A = 3,14 \cdot 0,007 \cdot 0,75$$

$$A = 0,016 \text{ m}^2$$

Menentukan harga perpindahan panas yang terjadi di dalam *reheater* dengan rumus sebagai berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T_{lmtd}$$

$$q = 3,33 \times 0,016 \cdot 38,57$$

$$q = 2,06 \text{ watt}$$

Harga perpindahan panas yang terjadi di dalam *reheater* adalah sebesar $2,06 \text{ watt}$, sedangkan harga perpindahan panas yang diperlukan untuk memanaskan rantai CO adalah sebesar 26 kkal/mol .

Karena masa gas buang yang maksimum mengalir di dalam *reheater* adalah sebesar $1,07 \times 10^{-4} \text{ kg/s}$, maka jumlah mol gas buang CO yang mengalir di dalam *reheater* adalah sebesar : $1,07 \times 10^{-4} \text{ kg}$ (setiap detiknya) dibagi

dengan masa atom gas buang CO (28 gram/mol), atau sebesar $3,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$

Jumlah energi yang digunakan untuk memutuskan rantai CO di dalam *reheater* (setiap detiknya) adalah :

$$\frac{2,06}{3,8 \times 10^{-3}} = 0,54 \frac{\text{kWatt}}{\text{mol}} = 0,129 \frac{\text{kkal}}{\text{mol.s}}$$

Jadi untuk dapat memecah gas CO dalam knalpot memerlukan waktu :

$$\frac{26}{0,129} = 202 \text{ detik atau } 3,4 \text{ menit}$$

Hukum Termodinamika I, pada sistem dimana kerja tidak dilakukan, maka seluruh panas yang diterima sistem diubah menjadi energi oleh sistem tersebut. Karena proses pada tekanan konstan (isobaris), serta selisih antara *enthalpy* penguraian gas buang CO (-26 kkal/mol) dengan jumlah panas yang diterima oleh gas buang ($0,129 \text{ kkal/mol}$) menghasilkan energi bias yang negatif, maka proses akan berlangsung secara spontan dan terus menerus secara periodik maka dalam waktu $3,04 \text{ menit}$ dapat memecah ikatan gas CO.

B. Data Pengujian

1. Pengujian Emisi Pada Knalpot Standart

Untuk mengetahui emisi gas buang di lakukan pengujian di mesin gas analyser, dilakukan dua kali dengan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Uji Emisi Gas Buang pada Knalpot Standart

Pengujian	Presentase Emisi Gas Buang Knalpot Standart		
	CO%	HC ppm	CO ₂ %
I	5,70	133	11,10
II	5,62	119	11,40

2. Pengujian Emisi Pada Knalpot Modifikasi Reheater

Pengujian emisi gas buang pada knalpot modifikasi *reheater* pengujian dan pengambilan datanya pada putaran mesin 4000 rpm dengan melakukan dua kali pengujian sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Uji Emisi Gas Buang pada Knalpot Modifikasi Re-heater

Pengujian	Presentase Emisi Gas Buang Knalpot Re-heater		
	CO%	HC ppm	CO ₂ %
I	1,45	39	13,60
II	2,56	56	13,10

3. Pengujian Emisi Pada Knalpot Modifikasi Reheater dan Zeolit

Pengujian emisi gas buang pada knalpot modifikasi *reheater* pengujian dan pengambilan datanya pada putaran mesin 4000 rpm dengan melakukan dua kali pengujian sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil uji emisi pada knalpot modifikasi *reheater* dan zeolit

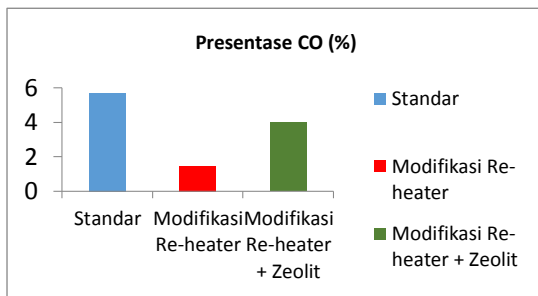
Pengujian	Presentase Emisi Gas Buang modifikasi + zeolit		
	CO%	HC ppm	CO ₂ %
I	4,01	79	12,5
II	4,22	104	12,2

4. Perbandingan Hasil Uji Emisi Gas Buang Knalpot Standar, Modifikasi *Re-heater* dan Modifikasi *Re-heater* + Zeolit

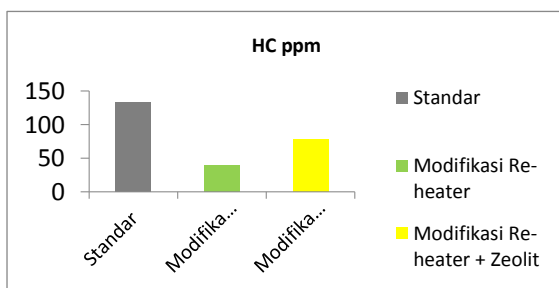
Tabel 4. Perbandingan Hasil Uji Emisi Gas Buang Knalpot Standar, Modifikasi *Re-heater* dan Modifikasi *Re-heater* + Zeolit

Knalpot	Presentase Emisi Gas Buang modifikasi + zeolit		
	CO%	HC ppm	CO ₂ %
Standar	5,70	133	11,10
Modifikasi <i>Re-heater</i>	1,45	39	13,60
Modifikasi <i>Re-heater</i> + Zeolit	4,01	79	12,5

Untuk membandingkan hasil uji emisi gas buang antara knalpot standar, modifikasi *Re-heater* dan modifikasi *Re-heater* + Zeolit menggunakan pengujian pertama

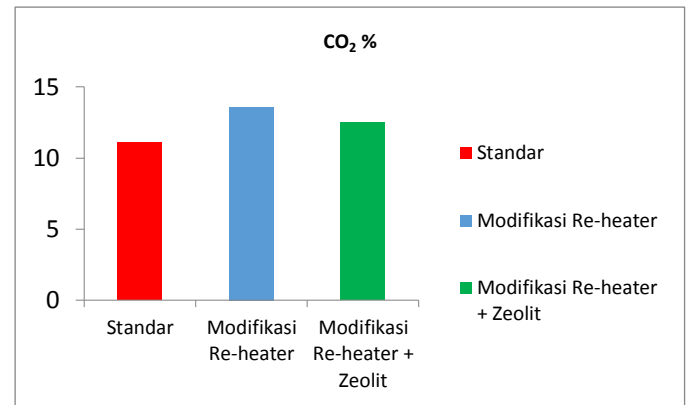
**Gambar 3.** Perbandingan Presentase CO dengan knalpot Standar, Modifikasi *Re-heater* dan Modifikasi *Re-heater* + Zeolit

Dari Gambar 3 terlihat prosentase CO mengalami penurunan hingga 75% dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater*. Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami penurunan prosentase CO sebesar 30 %.

**Gambar 4.** Perbandingan Presentase CO₂ dengan knalpot Standar, Modifikasi *Re-heater* dan Modifikasi *Re-heater* + Zeolit

Dari Gambar 4 terlihat prosentase HC mengalami penurunan hingga 65% dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater*. Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami penurunan prosentase HC sebesar 40 %.

Gambar 5 terlihat presentase CO₂ mengalami peningkatan hingga 12% dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater*. Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami peningkatan presentase CO₂ sebesar 11 %.

**Gambar 5.** Perbandingan Presentase CO₂ dengan knalpot Standar, Modifikasi *Re-heater* dan Modifikasi *Re-heater* + Zeolit

C. Analisa Pengaruh Penggunaan *re-heater* dan zeolit terhadap Pemutusan Gas CO menjadi C + O

Pengaruh Penggunaan *re-heater* dan zeolit terhadap Pemutusan Gas CO menjadi C + O, dapat dilihat dari data Tabel 4 dan Gambar 3. Di gambar 3 terlihat bahwa dengan menggunakan alat tambahan *re-heater*, presentase CO mengalami penurunan hingga 75%. Hal ini disebabkan dengan menggunakan *re-heater*, panas dari gas buang digunakan untuk memutus rantai molekul CO menjadi C + O. Dimana diperlukan waktu 3,04 menit untuk mencapai energi yang dapat memutuskan ikatan molekul CO sebesar 26 kkal/mol.

Dalam reaksi dekomposisi umumnya menggunakan panas untuk membantu reaksinya. Saat senyawa memanaskan, atom akan bergetar lebih keras, dan dapat memutuskan ikatan kimia. Sebagai contoh, jika Karbon Monoksida (CO₂) dipanaskan dengan suhu tinggi, akan terurai menjadi karbon (C) dan oksigen (O). Dalam menguraikan senyawa menggunakan temperatur tergantung pada kekuatan ikatan yang menjaga tetap bersama-sama.[4]. Gas karbonmonoksida adalah gas yang relative tidak stabil dan cenderung bereaksi dengan unsur lain. Karbon monoksida, dapat diubah dengan mudah menjadi CO₂ dengan bantuan sedikit oksigen dan panas. Saat mesin bekerja dengan AFR yang tepat, emisi CO pada ujung knalpot berkisar 0.5% sampai 1% untuk mesin yang dilengkapi dengan sistem injeksi atau sekitar 2.5% untuk mesin yang masih menggunakan karburator.

Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami penurunan presentase CO sebesar 30 %. Hal ini disebabkan, pertama karena panas gas buang yang dialirkan ke alat tambahan *re-heater* temperatur mulai turun karena kualitas isolator tahan panas yang dipakai mulai menurun. Penyebab kedua karena zeolit yang ditempatkan bersamaan dengan pipa pemanas, ternyata zeolit yang bersifat sebagai katalis dan penghantar panas dari pipa pemanas sehingga sifat zeolit sebagai penyerap polutan sedikit. Emisi gas buang CO berkurang, maka reaksi di dalam alat *re-heater* adalah menguraikan senyawa CO menjadi unsur C dan O₂. Unsur C menempel di dalam alat *re-heater*, karena terhalang oleh sekat dan pipa panas,, seperti disajikan pada Gambar 2. Unsur O₂ menjadi unsur bebas yang ke luar ke lingkungan.

Dari data tabel 4.1 terlihat prosentase CO sebesar 5,7% (pengujian I) dan 5,62% (pengujian II) , Sedangkan standar nilai ambang batas CO menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006 sebesar 5,5 %, sehingga masih diatas standar. Setelah penggunaan *re-heater*, prosentase CO menjadi 1,45% (pengujian I) dan 2,56% (pengujian II) sehingga sudah dibawah ambang batas. Setelah penggunaan *re-heater* + zeolit, prosentase CO menjadi 4,01% (pengujian I) dan 4,22% (pengujian II) sehingga masih dibawah ambang batas.

D. Analisa Pengaruh Penggunaan *Re-heater* dan Zeolit Terhadap Presentase HC dan CO₂

Dari data Tabel 4 dan Gambar 4 terlihat bahwa pengaruh penggunaan *Re-heater* dan Zeolit terhadap prosentase HC mengalami penurunan hingga 65% dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater*. Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami penurunan prosentase HC sebesar 40 %.

Didalam emisi gas buang molekul HC ada dua yaitu : (1) Bahan bakar yang keluar menjadi gas mentah karena tidak terbakar dan; (2) Bahan bakar yang berubah menjadi gugusan HC yang lain karena terpecah reaksi panas, yang keluar bersama gas buang.

Senyawa HC berkurang karena dengan dipanaskan kembali maka Molekul HC akan terurai menjadi unsur H₂ dan C. Unsur C terdeposit di dinding alat *re-heater* sedang molekul H₂ bersenyawa dengan O₂ menjadi H₂O.

Dari Gambar 5 terlihat presentase CO₂ mengalami peningkatan hingga 12% dengan menggunakan tambahan modifikasi *re-heater*. Sedangkan dengan tambahan modifikasi *re-heater* + Zeolit mengalami peningkatan presentase CO₂ sebesar 11 %.

Dengan terurainya CO(g) menjadi C(s) + O₂(g). Dan molekul HC menjadi H₂ dan O₂. Dengan banyaknya O₂ maka ada juga O₂ bereaksi dengan C menjadi CO₂. Hal ini terlihat di Gambar 5, unsur CO₂ mengalami peningkatan hingga 11-12% baik dengan tambahan alat *re-heater* maupun alat *re-heater* + zeolit.

IV. KESIMPULAN

Dengan menggunakan alat *re-heater* dan zeolit dapat menguraikan unsur CO yang merupakan polutan yang beracun

dan pada konsentrasi yang tinggi dan jangka waktu tertentu dapat mengakibatkan pingsan dan kematian. Dari hasil pengujian, Unsur CO mengalami penurunan prosentase sebesar 30-75%. Dengan penurunan konsentrasi ini maka prosentase CO bisa dibawah ambang batas sesuai dengan Sedangkan standar nilai ambang batas CO menurut Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2006

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Syahrani, "Analisa Kinerja Mesin Bensin Berdasarkan Hasil Uji Emisi", jurnal.Smartek Vol 4, No 4. Tadulako : Universitas Tadulako, 2006
- [2] Agustina, "Pembuatan Knalpot Ramah Lingkungan dengan penambahan zeolit", Bandar Lampung: SMAN 2, 2011
- [3] F. Akbar, "Analisis Penurunan Emisi Gas Karbon Monoksida (Co) Dan Efisiensi Bbm Pada Kendaraan Roda Empat Yang Menggunakan Alat Penghemat Dan Pencampuran Bioetanol" , Semarang : Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro, 2013
- [4] G. T. Rivai, "Makalah Keseimbangan Kimia", Jakarta: Universitas Indonesia, 2015
- [5] I G B W. Kusuma, "Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel Dan mesin Pembakaran Tak Bergerak", Denpasar : Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana Bali, 2006
- [6] Isnanda, "Pengaruh Gas Buang Terhadap Kinerja Motor Bensin", Jurnal Teknik Mesin Vol. 4 no 1. Padang : Politeknik Negeri Padang, 2007
- [7] J.P. Holman, "Perpindahan Kalor", Jakarta : Erlangga, 1997
- [8] L. Tarbiyatun,. N. Maleiva, B. Sitorus, D. R Jati, "Penurunan Konsentrasi Gas Karbon Monoksida Dari Kendaraan Bermotor Menggunakan Adsorben Zeolit Alam", Pontianak: JKK, vol. 4(1) hal. 26-33
- [9] RM B. Irawan. "Rancang Bangun Catalytic Converter Material Substrat Tembaga Berlapis Mangan Untuk Mereduksi Emisi Gas Karbon Monoksida Motor Bensin". Semarang: Universitas Negeri Semarang, 2012
- [10] W. Trisunaryati, "Zeolit Alam Indonesia: Sebagai Absorben Dan Katalis Dalam Mengatasi Masalah Lingkungan Dan Krisis Energi", Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar dalam Ilmu Kimia pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta: Universitas Gajah Mada, 2009