

PENAMBAHAN REAKTOR PLASMA DBD (*DIELECTRIC-BARRIER DISCHARGE*) PADA METODE SNCR (*SELECTIVE NON-CATALYTIC REDUCTION*) UNTUK REDUKSI EMISI GAS BUANG MOTOR DIESEL

Sutoyo¹, M. Imron Rosyidi²

¹Program Studi Mesin Otomotif FT UM-Magelang

²Program Studi Teknik Industri FT UM-Magelang

Jalan Mayjend. Bambang Sugeng Km.5 Magelang. Telp/Fax (+62)293 326 945

e-mail : ummsmart@yahoo.com

Abstrak

Kendaraan dengan motor diesel yang sudah tidak layak pakai masih banyak kita jumpai dipaksakan sebagai penggerak kendaraan. Sebagai contoh adalah motor diesel pada Truk dan Bus/ minibus angkutan umum yang sebagian besar kondisinya cukup memprihatinkan. Akibatnya adalah polusi udara yang disebabkan motor diesel tersebut cukup tinggi. Pengendalian polusi udara khususnya emisi motor diesel tentu saja sangat diperlukan demi menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Salah satu caranya adalah dengan menambahkan *treatment ammonia* (NH_3) dan *water* (H_2O) yang disemprotkan ke saluran gas buang.. Teknologi dengan perlakuan reaksi kimia ini dikenal dalam dua jenis yaitu SCR (*Selective Catalytic Reduction*) yang menggunakan tambahan katalis (*catalytic converter*), dan SNCR (*Selective Non-catalytic Reduction*) yaitu sistem reduksi kimia tanpa katalis. Perkembangan teknologi yang lain yaitu pada bidang fisika berupa suatu reaktor Plasma yang salah satu jenisnya adalah DBD (*Dielectric-barrier Discharge*), reaktor ini dapat mereaksikan senyawa-senyawa menjadi senyawa baru atau bahkan unsur yang lebih sederhana. Teknologi tersebut memungkinkan sebagai pengganti katalis. Tujuan dalam penelitian ini adalah membuat sebuah sistem untuk mereduksi salah satu emisi motor diesel yang memiliki unsur sama dengan oksidan amonia yaitu NO_x .

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membuat campuran dengan komposisi 25% NH_3 dan 75% H_2O untuk diinjeksikan ke saluran gas buang. Dalam temperatur gas yang tinggi maka akan terjadi reaksi kimia antara emisi NO_x dengan campuran tersebut, selanjutnya gas buang akan melalui unit reaktor plasma sebagai pengganti fungsi katalis. Dari reaksi tersebut emisi NO_x akan terurai menjadi molekul nitrogen, uap air, dan gas karbondioksida. Motor yang diuji adalah Diesel Engine 4 silinder VE Mitsubishi. Pengujian emisi dilakukan dengan tiga tahapan yaitu sebelum *treatment*, *treatment SNCR*, dan *treatment SNCR-Plasma*.

Dalam pembahasan hasil tidak dilakukan perbandingan kadar emisi terhadap peraturan batasan emisi yang ditetapkan. Hal ini beralasan bahwa secara umum kadar emisi motor diesel sangat terkait dengan kondisi engine parts dan komponen sistem bahan bakar itu sendiri. Oleh sebab itu perlu dilakukan *maintenance and repair* sesuai prosedur untuk mencapai kondisi engine yang baik dan rendah emisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar NO_x sebelum *treatment SNCR* adalah 346 ppm, setelah menggunakan SNCR kadar turun menjadi 277 ppm dan terakhir dengan *treatment SNCR-Plasma* sedikit mengalami penurunan kembali mencapai 272 ppm. Kesimpulannya adalah produk penelitian ini terbukti mampu mereduksi 21,4% emisi NO_x dari gas buang motor diesel. Dengan demikian pengembangan penelitian terkait pemanfaatan SNCR dan Plasma lebih lanjut perlu dilakukan

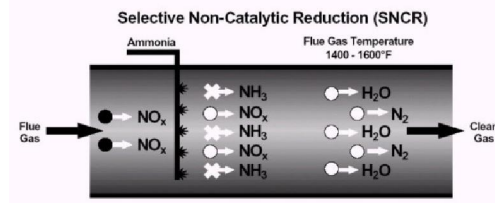
Kata kunci : *Dielectric-Barrier Discharge; SNCR; Nox; Ammonia.*

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki jumlah penduduk cukup besar dengan tingkat mobilitas yang tinggi. Dapat dilihat pada aktivitas jalan raya setiap hari yang semakin padat menunjukkan adanya peningkatan lalu lintas pengguna alat transportasi. Dengan demikian alat transportasi menjadi cukup banyak baik dalam sisi jumlah maupun ragamnya. Berbeda dengan kendaraan tradisional yang ramah lingkungan, maka motor-motor penggerak akan menghasilkan efek polusi udara yang tinggi. Polusi udara tersebut berasal dari kerja motor, dimana sebagian besar alat transportasi saat ini menggunakan motor-motor pembakaran dalam (*internal combustion engines*). Salah satu jenis dari motor pembakaran dalam adalah motor diesel (*diesel engine*) atau disebut juga motor CI (*compression ignition*). Sebagai motor penggerak, motor diesel memiliki emisi gas buang yang berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup.

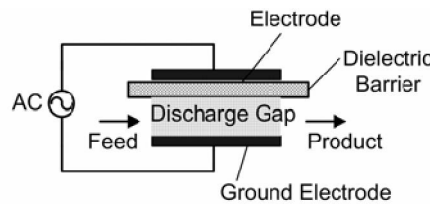
Kendaraan dengan motor-motor diesel yang sudah tidak layak pakai masih banyak kita jumpai dipaksakan sebagai penggerak kendaraan. Sebagai contoh adalah motor diesel pada Truk dan Bus/ minibus angkutan umum yang sebagian besar kondisinya cukup memprihatinkan terlihat dari kepekatan asap gas buangnya. Akibatnya adalah polusi udara yang disebabkan motor diesel tersebut cukup tinggi.

Pengendalian polusi udara khususnya emisi motor diesel tentu saja sangat diperlukan demi menjaga kelestarian lingkungan dan kesehatan makhluk hidup. Sampai saat ini telah dikenal berbagai upaya teknologi untuk mereduksi emisi motor diesel. Sebagai contoh dengan menambahkan treatmen *ammonia* (NH_3) dan *water* (H_2O) yang disemprotkan ke saluran gas buang. Cara ini pernah dikembangkan pada motor diesel untuk generator industri dan beberapa stasiun pembangkit tenaga. Teknologi dengan perlakuan reaksi kimia ini dikenal dalam dua jenis yaitu SCR (*Selective Catalytic Reduction*) yang menggunakan tambahan katalis (*catalytic converter*), dan SNCR (*Selective Non-catalytic Reduction*) yaitu sistem reduksi kimia tanpa katalis (Gambar 1).



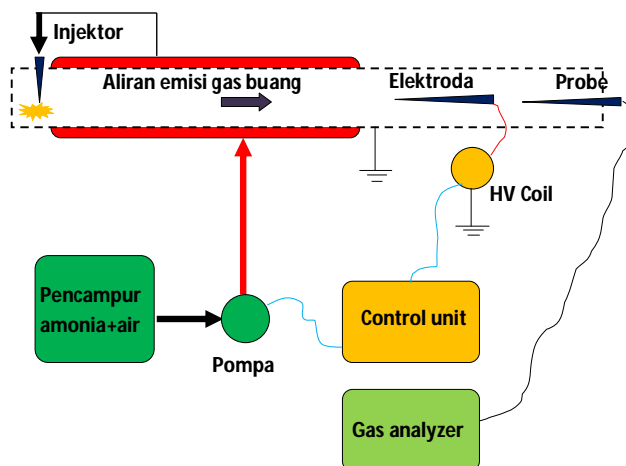
Gambar 1. Sistem SNCR

Pada sisi lain perkembangan teknologi pada bidang fisika berupa suatu reaktor plasma yang dapat mereaksikan senyawa-senyawa menjadi senyawa baru atau bahkan unsur yang lebih sederhana. Teknologi tersebut dikenal dengan Reaktor Plasma yang salah satu jenisnya adalah DBD (*Dielectric-barrier Discharge*) seperti terlihat pada Gambar 2. Reaktor plasma DBD menjanjikan sebagai pengganti fungsi katalis converter.



Gambar 2. Konsep Plasma DBD

Proses reduksi emisi dengan treatmen senyawa *ammonia* (NH_3) dan *water* (H_2O) pada metode SNCR memungkinkan diterapkan pada alat transportasi. Sedangkan penambahan reaktor plasma DBD akan membantu proses reaksi kimia antara senyawa oksidan (amoniak dan air) dengan senyawa beracun (emisi gas buang motor diesel). Dengan penerapan kedua teknologi di atas diharapkan akan menurunkan tingkat polusi udara khususnya emisi dari beberapa jenis kendaraan bermotor diesel.



Gambar 3. Skema treatment emisi NO_x

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah membuat campuran dengan komposisi 25% NH_3 dan 75% H_2O untuk diinjeksikan ke saluran gas buang. Amonia yang didapatkan merupakan senyawa tak murni yaitu $(NH_2)2CO$. Hasil campuran tersebut akan menjadi senyawa seperti diperlihatkan pada Persamaan 1.



Dalam temperatur gas yang tinggi maka akan terjadi reaksi kimia antara emisi NO_x dengan campuran tersebut, selanjutnya gas buang akan melalui unit reaktor plasma sebagai pengganti fungsi katalis.

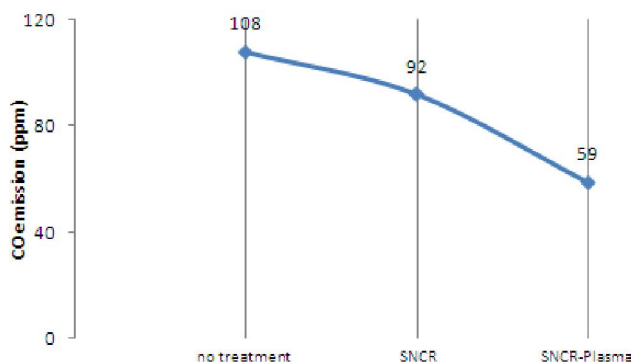
$$4 + 4()^2 + 4 \quad 7 + 12 + 4 \quad (2)$$

Dari reaksi tersebut emisi NO_x akan terurai menjadi molekul nitrogen, uap air, dan gas karbondioksida (Persamaan 2). Motor yang diuji adalah *Diesel Engine* 4 silinder *VE* Mitsubishi. Pengujian emisi dilakukan dengan tiga tahapan yaitu sebelum treatment, treatment *SNCR*, dan treatment *SNCR-Plasma*. Gambar 3 memperlihatkan skema pengujian penelitian treatment terhadap emisi NO_x .

Penelitian ini mengambil tempat di laboratorium Motor Bensin dan Diesel Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Magelang. Sebagai tahapan penelitian maka sistem *SNCR* dan reaktor plasma akan dibuat dalam sebuah unit knalpot dengan desain yang memungkinkan dipasang pada saluran exhaust manifold motor diesel yang diuji. Motor diesel dinyalakan beberapa saat sampai mencapai temperatur kerja. Pada tahap selanjutnya motor diesel dijaga konstan pada ± 1500 RPM dan dilakukan uji emisi tanpa treatment, dengan treatment *SNCR*, dan terakhir dengan treatment *SNCR-Plasma*. Pada unit *SNCR* maka campuran air dan amonia akan dipompa berkala setiap 20 detik sejumlah 5 cc.

Pembahasan

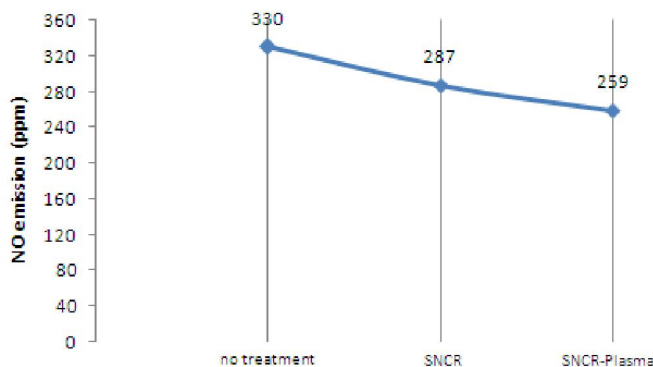
Hasil pengujian yang diamati dari hasil pengujian emisi menggunakan gas analyzer MRU OPTIMA 7 menunjukkan rerata pengurangan kadar emisi yang signifikan. Selain kadar NO_x maka emisi lain yang dapat diamati dari printout alat uji adalah kadar karbon monoksida (CO). Gambar 4 memperlihatkan grafik penurunan kadar emisi CO berdasarkan treatment yang dilakukan.



Gambar 4. Grafik emisi CO

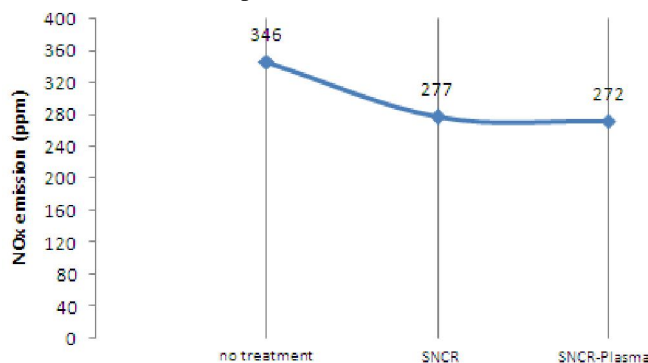
Penurunan emisi CO tertinggi dicapai setelah kedua sistem *SNCR* dan Plasma difungsikan. Nilai penurunan tersebut dari nilai 108 ppm (100%) menjadi 59 ppm (54,6%) yaitu berkurang sebesar 45,4%. Dalam penelitian ini CO bukan merupakan objek penelitian yang dituju sehingga tidak dilakukan analisa hubungan treatment terkait dengan perubahan kadarnya dalam gas buang.

Pembahasan utama adalah emisi NO_x yang dalam hal ini memiliki pengertian kadar emisi NO dan NO_2 yang terbentuk dari reaksi nitrogen dan oksigen dalam pembakaran. Penurunan kadar NO diperlihatkan Gambar 5, dimana penggunaan treatment mampu menurunkan nilainya hingga 259 ppm atau turun 21,5 % dari nilai tanpa treatment.



Gambar 5. Grafik emisi NO

Penurunan kadar NO_x diperlihatkan Gambar 6, dimana penggunaan treatment mampu menurunkan nilainya hingga 272 ppm atau turun 21,4 % dari nilai tanpa treatment. Penurunan tersebut setara dengan penurunan nilai NO.



Gambar 6. Grafik emisi NO_x

Secara teoritis seharusnya sistem SNCR mampu mengurangi emisi gas NO_x sebesar 75-98%. Jika dibandingkan maka hasil penelitian ini hanya menurunkan 21,4 % jauh lebih kecil dari beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan. Kemungkinan penyebabnya adalah terletak pada keefektifan SNCR yang dipengaruhi oleh rasio campuran, temperatur gas buang, lama reaksi, kecepatan alir campuran yang diinjeksikan dan optimalisasi pengkabutan [6].

Tabel. 1. Temperatur gas buang terukur

Perlakuan	Temperatur gas buang (°C)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)
No treatment	257	11,8	5,2
SNCR	250	12,1	4,8
SNCR-Plasma	250	12,3	4,6

Perubahan nilai NO_x antara treatment SNCR dengan SNCR-Plasma tidak terlalu signifikan. Hal ini dapat disebabkan karena efek plasma yang dihasilkan reaktor tidak maksimal. Selain itu desain knalpot yang hanya memiliki dimensi pendek ±1,56 meter menyebabkan gas buang lebih cepat keluar ke udara bebas sehingga waktu reaksi yang singkat berdampak reduksi tidak optimal.

Gambaran kondisi gas buang yang diukur dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1. Penambahan injeksi campuran amonia dan air menyebabkan penurunan temperatur gas buang hingga 7°C. Dari data tersebut diketahui pula bahwa kadar CO₂ naik sebesar 0,5% sedangkan O₂ turun 0,4%.

Kesimpulan dan Saran

Dalam menarik kesimpulan dari hasil penelitian tidak dilakukan perbandingan kadar emisi terhadap peraturan batasan emisi yang ditetapkan. Hal ini beralasan bahwa secara umum kadar emisi motor diesel sangat terkait dengan kondisi *engine parts* dan komponen sistem bahan bakar itu sendiri. Oleh sebab itu perlu dilakukan *maintenance and repair* sesuai prosedur untuk mencapai kondisi engine yang baik dan rendah emisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar NO_x sebelum treatment SNCR adalah 346 ppm, setelah menggunakan SNCR kadar turun menjadi 277 ppm dan terakhir dengan treatment SNCR-Plasma sedikit mengalami penurunan kembali mencapai 272 ppm. Kesimpulannya adalah produk penelitian ini terbukti mampu mereduksi 21,4% emisi NO_x dari gas buang motor diesel. Dengan demikian pengembangan penelitian terkait pemanfaatan SNCR dan Plasma lebih lanjut perlu dilakukan.

Saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut terletak pada optimalisasi reaksi emisi dengan campuran oksidan (amonia dan air) dengan memperhatikan rasio campuran tersebut, temperatur gas buang, lama reaksi, kecepatan alir campuran yang diinjeksikan dan optimalisasi pengkabutan. Selain itu desain reaktor plasma dapat dibuat lebih maksimal sehingga menghasilkan elektron-elektron berenergi tinggi yang lebih kuat untuk membantu reaksi kimia dalam reduksi emisi.

Daftar Pustaka

1. CATC, 1999, *Nitrogen Oxides (NO_x), why and how they are controlled*, EPA-TECHNICAL BULLETIN, EPA-456/F-99-006
2. Depmsey, P., 2008, “*Throuble Shooting and Repairing Diesel Engine*”, 4th edition, Mc Graw Hill, USA

3. Istadi, 2006, “Aplikasi Teknologi Hibrid Katalisis-Plasma Dalam Pengembangan Reaktor Kimia Masa Depan”, *Buletin of CREC*, Vol.1,No.2
4. Istadi and N.A.S. Amin., 2007, Catalytic-Dielectric Barrier Discharge Plasma Reactor For Methane and Carbon Dioxide Conversion, *Buletin of CREC*, Vol.2,No.2-3
5. Nur, M ., 2007, “ Usaha Mengurangi Global Warming Melalui Inovasi Knalpot Anti Polusi Berteknologi Plasma” : penerapan pada kendaraan bermotor roda dua ”, *RIPTEK*, Vol.1, No.1
6. PT.Timah (persero) Tbk. Laporan Keberlanjutan 2008
7. Zang, J., *_, Diesel Emission Technology – Part II of Automotive After-treatment System* , <http://bowmannz.com>. Online 18 November 2011