

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN  
HIBAH BERSAING PERGURUAN TINGGI HB XI/3  
TAHUN ANGGARAN 2005**



**PENGEMBANGAN DAN OPTIMASI  
PROTOTIVE SISTEM REDUKSI KADAR CO<sub>x</sub> ,  
DENGAN MENGGUNAKAN PLASMA  
LUCUTAN PIJAR**

**Ketua Peneliti:**

**Dra. Sumariyah, M.Si**

Dibiayai Oleh Proyek Peningkatan Penelitian Pendidikan Tinggi

Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, Sesuai dengan Surat

Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Dosen Muda, Studi Kajian Wanita dan Sosial Keagamaan Nomor :

031/SPPP/DP3M/IV/2005 Tanggal 11 April 2005

**UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
DESEMBER, 2005**

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 469/KI/Revisi/05

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PENELITIAN HIBAH BERSAING XI/3

A. Judul : **PENGEMBANGAN DAN OPTIMASI PROTOTIVE SISTEM REDUKSI KADAR CO<sub>x</sub> , DENGAN MENGGUNAKAN PLASMA LUCUTAN PIJAR**

B. Ketua Peneliti

- a. Nama : Dra. Sumariyah, MSi
- b. Jenis Kelamin : Perempuan
- c. Pangkat/Golongan/NIP : Penata / IIIId/131 787 926
- d. Bidang Keahlian : Fisika Instrumentasi
- e. Fakultas/Pusat Penelitian : Pusat Studi Aplikasi Radiasi & Rekayasa Bahan Lembaga Penelitian UNDIP
- f. Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

C. Tim Peneliti

| NAMA                   | BIDANG KEAHLIAN | FAKULTAS/JURUSAN | PERG.TINGGI |
|------------------------|-----------------|------------------|-------------|
| Dr. Muhammad Nur, DEA  | Fisika Plasma   | MIPA/FISIKA      | UNDIP       |
| Drs. Ahmad Suseno, MSi | Kimia Fisik     | MIPA/KIMIA       | UNDIP       |

D. Pendanaan dan Jangka Waktu Penelitian

- Jangka Waktu Penelitian : 3 tahun
- Biaya 2005 yang disetujui tahun III : Rp. 33.000.000,00
- Total biaya (3 tahun) : Rp. 102.000.000,00**

Menyetujui,

Ketua Pusat Studi Aplikasi Radiasi & Rekayasa Bahan Lemlit-Undip



Dr. Muhammad Nur, DEA  
NIP. 131 875 475

Semarang, 5 Desember 2005

Ketua Peneliti Pelaksana



Dra. Sumariyah, M.Si  
NIP. 131 787 926



## Daftar isi

|   | Hal. |
|---|------|
| Judul   |      |
| Lembar pengesahan   | i    |
| Daftar isi  | ii   |
| Ringkasan dan Summary   | iii  |
| Prakata   | iv   |
| Daftar Tabel  | v    |
| Daftar Gambar   | vi   |
| Daftar Lampiran   | vii  |
| Pendahuluan   | 1    |
| II Tujuan dan Manfaat Penelitian Tahun ke Tiga  | 3    |
| III Tinjauan Pustaka  | 4    |
| 3.1 Lucutan pijar korona sebagai pembangkit plasma  | 6    |
| 3.2 Reduksi Gas COx   | 9    |
| IV Metode Penelitian  | 12   |
| 4.1 Rancangan Penelitian untuk adaptasi Knalpot berteknologi plasma pada kendaraan roda empat | 12   |
| 4.2 Pereduksian Cox, Nox, dan HC  | 13   |
| 4.3 Deskripsi Sistem pengujian dan Penyedia Tegangan Tinggi                                   | 15   |
| 4.4 Tahap Pengujian   | 16   |
| Pengujian Pembangkit plasma   | 16   |
| Pengujian kemampuan Pereduksian   | 17   |
| Pengujian Unjuk Kerja Mesin   | 17   |
| V Hasil dan Pembahasan  | 18   |
| 5.1 Reaktor Plasma termodefikasi  | 18   |
| 5.2 Pereduksian polutan Cox, Nox dan HC   | 20   |
| 5.3 Analisa kerak Hasil dekomposisi gas emisi   | 22   |
| VI Kesimpulan dan saran   | 26   |
| VII Ucapan Tarima Kasih   | 27   |
| Daftar Pustaka  | 28   |
| Lampiran  |      |

## RINGKASAN DAN SUMMARY

### RINGKASAN

Telah dilakukan adaptasi prototype system produksi COx dengan teknologi plasma (KAPTEKNOPLASMA) pada knalpot kendaraan bermotor roda empat ke atas. Pada tahap akhir penelitian ini telah diselesaikan peningkatan skala pilot yakni dari prototype dengan sistem pereduksi yang masih berada diluar muffler menjadi sistem pereduksi yang terintegrasi dengan muffler kendaraan bermotor roda. Sistem pembangkit plasma berasal dari *accumulator* 12V34Ah yang telah diberikan peralatan elektronik dan mampu menaikkan tegangan sampai 20 kV. Pada tahapan ini telah pula diuji kemampuan pereduksian gas emisi dengan memvariasi kecepatan motor mobil dan gigi yang digunakan. *Adaptasi sistem pereduksian berteknologi plasma* ini tidak mengubah seluruh dimensi knalpot yang ada. Reaktor plasma berfungsi menggantikan fungsi resonator hal ini menjadikan knalpot berteknologi plasma telah memenuhi standar knalpot yang telah ada dengan memiliki keunggulan dalam mereduksi gas emisi ( dalam hal ini COx,).

Tingkat reduksi optimum untuk gas COx didapat pada rpm 2200 yaitu sebesar 86,52%, CO pada rpm 2200 sebesar 88,93%, HC pada rpm 2200 sebesar 97,37% dan Nox pada rpm 4600 sebesar 76,19%

**Kata-kata kunci:** plasma, korona, reduksi , muffler

### SUMMARY

Non-polluted plasma muffler (KAPTEKNOPLASMA) prototype adaptation has done in four wheels and more vehicles. Pilot scale improvement has done by integrating reduction system into vehicle muffler from it previous position outside the muffler. High voltage that used to develop plasma condition comes from 12V34Ah accumulator which connected with electronic equipments and able to develop voltage up to 20kV. Exhaust gases reduction Ability has done by varying engine rotation. Plasma muffler appearance in vehicle doesn't change outside dimension of its original muffler and it reactor placement in muffler has a function to change resonator chamber function and make this muffler still fulfil muffler standardization with more performance in reducing exhaust gases (COx, NOx, HC). Optimal reduction level made at 2200 rpm for COx is 86,52%, for CO is 88,93%, for HC is 97,34% and for NOx at 4600rpm is 76,19%.

**Key words:** plasma, corona, reduction, muffler

## Prakata

Penelitian yang berjudul Pengembangan dan Optimasi Prototipe Sistem Reduksi Kadar COx, dengan menggunakan Plasma Lucutan pijar telah berhasil dilaksanakan. Penelitian yang semula ditarget hanya menerapkan teknologi Plasma ke sumber emisi statik, seperti genset dan cerobong pabrik, akhirnya sedikit berubah arah namun memberikan hasil yang belum terpikirkan pada awal-awal penelitian ini. Setelah tiga tahun hasil yang paling menggembirakan dari penelitian ini adalah penerapan plasma untuk knalpot kendaraan bermotor.

Pada kesempatan ini tim peneliti ingin mengucapkan terima kasih pada semua pihak yang telah turut andil atas keberhasilan penelitian ini terutama DP4M Dirjen Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas dukungan dan kepercayaan kepada kami untuk menyelesaikan kontrak kerjasama program penelitian HIBAH BERSAING XI ini untuk tahun III ( tahun anggaran 2005).

Universitas Diponegoro atas dukungan sumber daya, fasilitas dan birokrasi yang disediakan dalam mengembangkan riset di bidang teknologi plasma.

PT. Dharma Polimetal atas kesediaannya untuk meneruskan riset ini hingga sampai sukses komersial

Terima kasih juga kepada seluruh mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terselenggara berkat ketekunan mereka saat pengambilan data dan saat melakukan modifikasi sistem di laboratorium

## DAFTAR TABEL

|           |                                  |      |
|-----------|----------------------------------|------|
| Tabel 5.1 | Tabel analisa anion kation ..... | (24) |
|-----------|----------------------------------|------|

## DAFTAR GAMBAR

|            |  |
|------------|--|
| Gambar 3.1 | Ilustrasi daerah ionisasi dan daerah aliran muatan pada konfigurasi geometri elektroda kawat-bidang .....(6)   |
| Gambar 3.2 | Distribusi medan listrik dalam konfigurasi kawat bidang .....(7)   |
| Gambar 3.3 | Grafik karakteristik medan listrik sebagai fungsi jarak pada elektroda kawat bidang .....(8)   |
| Gambar 3.4 | Skema peredusian CO <sub>2</sub> .....(10)   |
| Gambar 4.1 | Desain reaktor pisau bidang yang akan dipasang pada sistem exhaust mobil .....(12)   |
| Gambar 4.2 | Desain Penempatan reaktor plasma pada sistem exhaust kendaraan roda empat atau lebih .....(13)   |
| Gambar 4.4 | Rangkaian sistem pengujian pembangkit plasma dengan sistem penyedia tegangan tinggi untuk pereduksian NO <sub>x</sub> , CO <sub>x</sub> , dan HC .....(16)                           |
| Gambar 5.1 | Reaktor plasma termodifikasi di dalam knalpot mobil .....(18)  |
| Gambar 5.2 | Muffler mobil dengan reaktor plasma termodifikasi di dalamnya serta dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi .....(19)  |
| Gambar 5.3 | Penempatan reaktor plasma termodifikasi di dalam muffler mobil .....(19)   |
| Gambar 5.4 | Pereduksian CO <sub>x</sub> , CO pada muffler mobil dengan reaktor plasma termodifikasi di dalamnya serta dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi .....(21)                        |
| Gambar 5.5 | Pereduksian NO <sub>x</sub> , HC pada muffler mobil dengan reaktor plasma termodifikasi di dalamnya serta dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi .....(21)                        |
| Gambar 5.6 | Pereduksian CO <sub>x</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , HC pada muffler mobil dengan reaktor plasma termodifikasi di dalamnya serta dihubungkan dengan sumber tegangan tinggi ..... (21) |
| Gambar 5.7 | Spektrum FTIR pada kerak hasil pereduksian NO <sub>x</sub> .....(23)   |

## **Daftar Lampiran**

1. Tabel L1. Kemungkinan gugus fungsi pita serapan sampel
2. Publikasi hasil penelitian tahun 2004



## I. PENDAHULUAN

Kondisi pencemaran udara terlebih di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Bandung tingkat polusinya kini telah mencapai ambang batas yang amat membahayakan kesehatan manusia dan juga merusak lingkungan hidup seperti berbagai jenis tanaman yang bisa mati akibat kadar gas buang yang mencemari udara semakin berat. Pencemaran tampaknya sudah tak dapat terelakkan lagi akibat terus membengkaknya jumlah kendaraan bermotor setiap tahunnya, yang di Jakarta saja jumlahnya telah mencapai 2,7 juta unit.

Angkutan darat berperan memberikan kontribusi pencemaran dengan komposisi 78,32% (SO<sub>2</sub>), 29,18% (NO<sub>2</sub>), 62,62 % (HC), dan 85,78 % (CO), serta debu 6,9%. Berdasarkan data studi kualitas udara di Jakarta 1997 menunjukkan bahwa polusi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor sangat besar. Gas CO, NO<sub>x</sub>, HC dan CO<sub>2</sub> dari corong gas buang (muffler) selama ini diyakini sebagai penyebab berbagai penyakit. Misalnya, menurunnya daya tahan tubuh, bertambahnya penyakit menular, meningkatnya penyakit mata seperti katarak dan kebutaan, serta kanker kulit. Akibat lain dari gas tersebut, terutama CO, dapat menyebabkan kematian.

Dalam seminar internasional *The Utilization of Catalytic Converter and Unleaded Gasoline for Vehicle* terungkap bahwa 70 persen gas beracun yang ada di udara, terutama di kota besar, berasal dari kendaraan bermotor. Lebih dari 20 persen kendaraan di Jakarta diperkirakan melepas gas beracun melebihi ambang batas yang dinyatakan aman. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan meningkatkan pemakaian bahan bakar gas, dan hal itu akan membawa risiko pada penambahan gas beracun di udara terutama CO, HC, SO<sub>2</sub>.

Berdasarkan data Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia (2003), kendaraan bermotor menyumbang 70 % kadar CO. Kendaraan bermotor yang mengalami pembakaran tak sempurna semakin banyak menyumbangkan polusi udara melalui gas buang dari mufflernya. Untuk menanggulangi pencemaran udara yang kualitasnya kian menurun dan kita hirup setiap hari, pemerintah mengeluarkan peraturan baru sesuai ketentuan PBB untuk urusan "Lingkungan Hidup Yang Hijau" (*Green Environment*). Di Indonesia program ini mulai dilontarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup sejak 1999 tetapi mendapatkan banyak kendala antara lain belum

siapnya industri otomotif dan produsen BBM. Untuk mengatasi ketertinggalan tersebut Indonesia akan memberlakukan standar EURO 2, sesuai Keputusan Lingkungan Hidup No 141/2003 mulai 2005.

Semakin tingginya nilai polusi udara yang disebabkan oleh sisa gas buang kendaraan bermotor tentunya akan mengakibatkan dampak yang sangat besar bagi kesehatan manusia, maka dari itu diperlukan upaya pencegahan atau minimal pengurangan kadar polusi di udara.

Semakin padatnya kendaraan bermotor sebagai alat transportasi dan pembangunan di sektor industri dengan pabrik-pabrik yang sebagian besar menggunakan bahan bakar minyak bumi dan batu bara untuk energi utamanya ternyata dapat menghasilkan senyawa kimia yang berbahaya dalam jumlah yang semakin besar. Senyawa-senyawa tersebut antara lain seperti sulfur oksida dan nitrogen oksida yang bersama udara masuk lingkungan atmosfer kemudian turun bersama hujan mengakibatkan timbulnya hujan asam dan pada gilirannya mengakibatkan terpengaruhnya kehidupan tanam-tanaman dan biota lainnya. Demikian juga dengan banyaknya fluor karbon yang diproduksi setiap tahun dari pabrik industri, meningkatnya kadar karbon monoksida dan dioksida dalam udara yang sebagian besar dihasilkan oleh pembakaran minyak bumi baik dari sistem industri atau kendaraan bermotor ternyata dapat mengakibatkan suhu bumi semakin meningkat yang lebih dikenal dengan sebutan efek rumah kaca, sebagai akibat dari salah satu sifat CO<sub>2</sub> yang dapat menyerap radiasi infra merah.

Dengan semakin memburuknya permasalahan lingkungan terhadap kehidupan manusia, tentunya harus dilakukan upaya-upaya jangka panjang terhadap konsekwensi aktivitas-aktivitas yang dilakukan manusia. Oleh karena itu diperlukan pemikiran yang serius dalam merancang konsep dan strategi pengendalian serta penanggulangan masalah dampak lingkungan. Pilihan teknologi tidak semata berdasarkan kemampuan menciptakan produk andalan yaitu kualitas dan kuantitas yang memadai memegang peranan utama, melainkan juga kemampuan teknologi untuk memproduksi limbah sekecil mungkin, dengan kata lain kecanggihan teknologi harus ditinjau dari ada atau tidaknya teknologi tersebut menciptakan pencemaran.

Kemudian untuk menanggulangi bahaya penurunan kualitas lingkungan akibat pembakaran dengan tanpa mengurangi efisiensi kendaraan bermotor, pengendalian

gas-gas polutan dilakukan dengan salah satu cara diantaranya melalui pemanfaatan teknologi plasma non-termik pada tekanan atmosfer (Nur, 2003; Nur, 2004; Chang, 1991; Chen, 2002; Czech, 1995; Orlandini, 2000; Shimizu, 1995). Teknologi plasma non-termik didasari atas sifat plasma non-termik, yakni mudahnya plasma jenis tersebut menghasilkan senyawa-senyawa radikal bebas (*free radical*) (Chang, 1991; Czech, 1995; Nur, 2003; Orlandini, 2000). Sistem ini akan dapat menggantikan sistem adsorpsi dengan katalis yang diembankan ke dalam zeolit (Onitsuka, 1991/US Patent 5158582) yang selama ini digunakan yang sangat cepat mengalami deaktivasi. Keunggulan dari sistem pengendalian gas emisi dengan teknologi plasma adalah pengendalian dapat dilakukan terus-menerus asalkan sumber daya reaktor tetap dihidupkan tanpa kekhawatiran terhadap deaktivasi.

Penelitian ini menggunakan pembangkit plasma non-termik dengan teknik lucutan pijar korona pada konfigurasi geometri elektroda pisau-bidang (*knife-plane electrode geometry*) dan plasma dibangkitkan dengan tegangan tinggi pengapian kendaraan bermotor.

Teknologi tersebut merupakan salah satu proses yang efektif dalam mereduksi  $SO_x$ ,  $NO_x$ , dan  $CO_x$  dari gas buang kendaraan bermotor karena merupakan proses yang mudah dalam pengendalian sisa reduksi, mereduksi  $SO_x$ ,  $NO_x$ , dan  $CO_x$  dari gas buang secara simultan dengan efisiensi tinggi, dan merubah polutan menjadi senyawa yang ramah terhadap lingkungan (Nur, 2003, 2004).

Penelitian yang telah dilakukan sejak tahun 1999 telah memberikan hasil yang memadai. Pereduksian yang mampu dilakukan untuk gas emisi  $CO_x$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$ , dan HC telah mencapai 85%.

## **II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KETIGA**

1. Mengadaptasikan muffler anti polusi berteknologi plasma pada kendaraan bermotor.
2. Mendapatkan knalpot anti polusi yang mampu menghilangkan gas emisi  $CO_x$ ,  $SO_x$ ,  $NO_x$ , dan HC dan tetap memberikan keamanan dan kenyamanan kendaraan.
3. Mendukung teknologi transportasi dengan knalpot yang mampu mengurangi pencemaran gas emisi dan asap kendaraan bermotor.