

## **Pemanfaatan Plasma Non Termik dalam Upaya Pengendalian Laju Polusi Udara Akibat Emisi Gas Kendaraan Bermotor Bermesin 2 tag**

*Ari Sugiharto. SL<sup>1</sup>, Rasito<sup>2</sup>, M.Nur dan A. Suseno*  
*Pusat Studi Aplikasi Radiasi dan Rekayasa Bahan (PUSARRAN)Lemlit Undip*

### **Abstract**

The research of removal CO<sub>x</sub>, HC emission gas using non-thermal plasma with out add the additive gas has been carried out. In this research, plasma was produced in a reactor glow discharge corona with multi-points to plane configuration and wire to plane configuration. The gas emission from the machine were injected in reactor and was change to become phase plasma using DC voltage with power 0,1 watt. In phase plasma, the species of plasma such as; ions, energetic free radical and energetic electrons were created in reactor. Ions and energetic free radical were entranced in reaction and this condition can to remove emission gas CO<sub>x</sub> , HC and it produced other compound. Verify residues using FTIR. So reduction efficiency between 70 –80 %.

Keyword : Plasma Non- Thermik, Reduction, 0,1 watt

### **Abstrak**

Telah dilakukan penelitian tentang pereduksian gas emisi CO<sub>x</sub> dan HC dengan menggunakan plasma non-termik tanpa menggunakan gas aditif. Dalam penelitian ini dilakukan dengan membangkitkan plasma non-termik pada reaktor lucutan pijar korona dengan konfigurasi kawat bidang. Gas emisi dari kendaraan bermotor langsung dimasukkan kedalam reaktor yang telah aktif tanpa menambah dengan gas aditif. Gas emisi yang masuk kedalam rektor akan mengalami pereduksian akibat berinteraksi dengan plasma yang telah terbangkitkan pada reaktor. Sehingga akan terbentuk radikal-radikal bebas yang energetik dan elektron energetik. Ion-ion dan radikal-radikal bebas akan saling berinteraksi sehingga mampu mengubah emisi CO<sub>x</sub> menjadi senyawa bentuk lain, dengan demikian kadar CO<sub>x</sub> yang keluar menjadi berkurang. Hasil pereduksian menunjukkan tingkat Dekomposisi Efisiensi antara 70% dan 80%. Daya yang digunakan 0,1 watt, selain pengujian dengan gas analiser juga menggunakan FTIR, pengujian ini juga mendukung adanya proses pereduksian pada proses ini. Dengan demikian polusi udara akan teratasi dengan metode ini.

Kata Kunci : Plasma Non-Thermik, Reduksi,0,1 watt

### **1.PENDAHULUAN**

Transportasi dan industrialisasi merupakan bagian penting dari kehidupan masyarakat modern saat ini. Sulit dibayangkan bila manusia hidup tanpa adanya transportasi dan industri seperti saat ini, karena semua kebutuhan hajat hidup selalu akan terpenuhi oleh dua hal tersebut diatas. Pada bidang tranportasi perkembangan sangat pesat, hal ini terlihat dari jumlah kendaraan bermotor yang terjual dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang cukup pesat. Salah satu yang mendorong tingginya laju penjualan yaitu harga barang yang terjangkau oleh konsumen. Dengan

demikian populasi kendaraan yang telah beredar di masyarakat sangat tinggi.

Dengan banyaknya populasi kendaraan bermotor tersebut berkembang pula masalah polusi udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor tersebut. Penelitian yang dilakukan oleh National Enviroment Survey menunjukkan bahwa masyarakat sangat terganggu oleh asap sebesar 30 %. Asap kendaraan ini dapat menimbulkan gangguan kesehatan bahkan dapat menimbulkan kematian manusia. Berdasarkan hasil survey UNEF Indonesia merupakan negara rangking

tiga dalam pencemaran udara. Faktor polusi udara antara lain volume lalu-lintas, komposisi lalu lintas, kecepatan, jenis kendaraan, usia kendaraan, jenis bahan bakar, tingkat kemacetan lalu-lintas. Data kementerian Lingkungan Hidup Indonesia (2003) dalam Kompas (2003) menunjukkan polusi yang disumbangkan oleh kendaraan bermotor mencapai 70 %. Bank Dunia (2003) menyebutkan bahwa akibat pencemaran telah menyebabkan 1200 kasus kematian prematur 32 juta kasus penyakit pernafasan dan 464 ribu kasus asma serta kerugian finansial diperkirakan 500 milyar rupiah. Dengan adanya kasus-kasus itu maka pemerintah menetapkan peraturan tentang lingkungan hidup. Di Indonesia sesuai dengan **keputusan Kementerian Lingkungan Hidup No. 141 Tahun 2003 yang akan memberlakukan peraturan EURO 2 pada tahun 2005** yaitu menurunkan tingkat polusi sebesar 30%.

Seperti yang telah dikemukakan diatas bahwa usaha untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan telah menjadi prioritas di banyak negara. Produsen otomotif telah berupaya untuk dapat mereduksi emisi kendaraan bermotor salah satu cara yaitu dengan menciptakan katalitik konverter. Namun laju polusi masih belum dapat diredam karena unjuk kerja yang masih rendah. Tingkat pereduksian katalitik konverterpun belum mampu mencapai angka 80% seperti yang telah dilakukan dengan metode Plasma Non Termik.

Pada produsen minyak dilakukan dengan penambahan zat aditif sehingga dihasilkan bensin yang ramah lingkungan namun kendala yang dihadapi yaitu pada permasalahan dana yang cukup besar. Untuk investasi pada produk tersebut dibutuhkan dana sebesar \$ 225,5 juta [10]. Hal ini tentunya menjadikan bahan pemikiran yang serius bagi pemerhati lingkungan ataupun para akademisi serta pemerintah daerah pada era otonomi sekarang ini.

faktor yang mempengaruhi Gas-gas seperti HC, CO dan CO<sub>2</sub> adalah gas-gas yang sangat membahayakan kesehatan manusia. Seperti gas CO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau namun memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap darah dibandingkan dengan gas O<sub>2</sub> sehingga orang yang menghirupnya pada konsentrasi tertentu akan mengakibatkan keracunan dan kematian. Sedangkan untuk gas CO<sub>2</sub> selain dapat menimbulkan efek rumah kaca secara kesehatan juga dapat menimbulkan sesak nafas bila terhirup oleh manusia. Sehingga jelas bahwa gas-gas ini merupakan gas yang sangat berbahaya bagi manusia.

Para pakar telah merancang suatu metode maupun alat membersihkan udara, diantaranya dengan penyaringan debu pada tingkatan ukuran koloid sampai pada ukuran partikel gas-gas beracun. Salah satu metode yang diterapkan adalah dengan pemanfaatan plasma non-thermik. Pemanfaatan plasma non-thermik ini telah mampu mereduksi gas polutan campuran pada skala laboratorium yang telah dilakukan oleh Chang (1993).

Plasma merupakan materi fase keempat pada fisika. Pada plasma terdapat jumlah ion dan elektron yang mempunyai densitas yang relatif sama.[1]

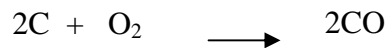
## II. Dasar Teori

### 2.1 Gas CO<sub>x</sub> dalam Udara

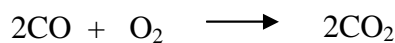
Senyawa CO<sub>x</sub> merupakan salah satu gas emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar minyak bumi dan batu bara selain SO<sub>x</sub> dan NO<sub>x</sub>. Senyawa CO<sub>x</sub> tersebut dapat berupa gas karbonmonoksida (CO) atau gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>). Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) umumnya tidak dikategorikan sebagai polutan udara karena merupakan komponen yang secara normal terdapat di udara, komposisi udara secara normal di alam dapat dilihat pada tabel di lampiran. Pengaruh terbesar yang dapat

mengakibatkan kadar karbondioksida dalam udara meningkat dalam jumlah yang banyak adalah pembakaran bahan bakar minyak bumi, gas alam, dan batubara melalui reaksi [2].

Oksidasi tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon jika jumlah oksigen yang tersedia kurang dari jumlah yang dibutuhkan untuk pembakaran sempurna agar dihasilkan karbon dioksida. Secara sederhana pembakaran karbon dalam minyak bakar terjadi melalui beberapa tahap sebagai berikut :



Reaksi antara karbon dioksida dan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi dapat menghasilkan karbon monoksida (CO). Hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida. Tetapi gas CO dalam udara merupakan senyawa yang kurang stabil dan biasanya akan bereaksi dengan oksigen membentuk karbondioksida (CO<sub>2</sub>) melalui reaksi:



Kedua proses pembentukan gas CO<sub>2</sub> tersebut dapat menyebabkan kadar karbondioksida dalam udara semakin meningkat. Salah satu dampak negatif apabila kadar karbondiosida melebihi batas ambang kandungan CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang banyak adalah terjadinya efek pemanasan global yang lebih dikenal dengan sebutan efek rumah kaca [3].

## 2.2. Lucutan Pijar Korona sebagai Pembangkit Plasma

Lucutan korona merupakan suatu keadaan dalam lucutan mandiri [5]. Lucutan korona diawali dengan lucutan townsend dan diikuti oleh lucutan glow. Karakteristik lucutan gas yang terjadi di dalam tabung lucutan gas

dengan konfigurasi geometri elektroda kawat-bidang [6].

Karakteristik umum lucutan korona adalah adanya medan listrik tak seragam (*laplacian*), dimana medan listrik *laplacian* ditentukan oleh konfigurasi geometri elektroda. Pada lucutan pijar korona, distribusi medan listrik membatasi terjadinya ionisasi pada daerah tertentu dalam tabung lucutan gas. Daerah ini disebut daerah ionisasi (*ionization region*). Letaknya di sekitar elektroda aktif. Dalam konfigurasi geometri elektroda kawat-bidang, daerah ionisasi terletak di sekitar kawat. Sedangkan daerah lain di luar daerah ionisasi disebut daerah aliran muatan (*drift region*). Daerah ionisasi mempunyai intensitas medan listrik sangat kuat dan mampu menimbulkan ionisasi primer [8]

## 2.4. Reduksi Gas CO<sub>x</sub> dan HC

Pereduksian polutan dengan teknik plasma lucutan pijar korona untuk gas karbonmonoksida (CO) lebih mudah dibandingkan CO<sub>2</sub>, dalam sub bahasan ini akan diuraikan pereduksian CO<sub>2</sub>.

Pereduksian CO<sub>2</sub> diawali oleh proses pemisahan ikatan-ikatan molekul gas (molekul-molekul gas mengalami disosiasi). Proses pemisahan ikatan-ikatan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya ionisasi atau radikalasi pada molekul-molekul gas, sehingga terbentuk ion-ion, elektron, dan radikal-bebas yang energetik[7]. Pada radikalasi mekanisme reaksi radikal-bebas merupakan suatu deret reaksi-reaksi bertahap yang meliputi: tahap permulaan (*inisation*), tahap perambatan (*propagation*), dan tahap pengakhiran(*termination*)[9]. Radikal-bebas yang terbentuk dari proses radikalasi akan mendissosiasi molekul-molekul gas yang berada dalam reaktor sehingga terjadi suatu reaksi berantai [1].

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Skema Penelitian

Pada penelitian ini diawali dengan mempersiapkan alat dan bahan terlebih dahulu diantaranya adalah mempersiapkan rektor pereduksi, kabel penghubung, kendaraan bermotor catu daya tegangan tinggi, gas analiser serta kantung plastik. Kemudian dirangkai sedemikian hingga peralatan siap untuk digunakan, kemudian dicoba terlebih dahulu bahwa semua alat dapat berfungsi. Setelah alat berfungsi baru dimulai proses penelitian yaitu dengan

catu daya dinyalakan dan dikondisikan pada kondisi pijar korona, kemudian dialirkan gas kedalam reaktor tersebut dan dianalisa hasil keluaran gasnya hal ini dilakukan dengan mengubah variasi kendaraan bermotor. Setelah berlangsung semua maka dilakukan uji FTIR dengan cara mengambil kerakannya. Setelah semua data terpenuhi kemudian dilakukan analisa dan pembahasan.

**Tabel 4.1.** Konsentrasi gas polutan sebelum dan sesudah perlakuan dengan plasma.

Jenis Kendaraan	Konsentrasi gas polutan Tanpa Perlakuan dengan plasma (%)		Konsentrasi gas polutan setelah Perlakuan dengan plasma (%)	
	CO	CO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>
Suzuki Carry	0,42	0,80	0,12	0,15
Yamaha V 80	2,79	1,80	0,30	0,25
Suzuki Cryatal	1,81	1,70	0,23	0,20

**Tabel 4.2.** Prosentase pereduksian gas polutan kendaraan bermotor.

Jenis Kendaraan	Nilai pereduksian gas CO (%)	Nilai pereduksian gas CO <sub>2</sub> (%)
Suzuki Carry	72.0	81.0
Yamaha V 80	80.0	83.6
Suzuki Cryatal	83.7	82.7

**Tabel 4.3.** Pereduksian HC

Perlakuan terhadap gas polutan dengan korona	H <sub>1</sub> =H <sub>k</sub> sebelum reduksi (ppm)	H <sub>2</sub> =H <sub>k</sub> setelah reduksi (ppm)	Effisiensi pereduksian	Tegangan (kV)
Suzuki Carry	5533	2372	57.1 %	4.2
Yamaha V 80	5173	1983	61.6 %	4.2
Suzuki Cryatal	4969	1762	64.4 %	4.2

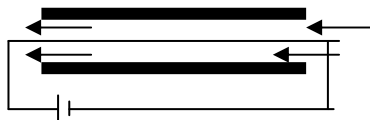
mengalirkan gas emisi melalui rektor tanpa menyalakan catu daya, kemudian hasilnya dianalisa dengan gas analiser hasil pengukuran merupakan hasil standar kandungan gas emisi. Setelah itu

Besarnya persentasi reduksi gas dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [4]:

$$DE = \left(1 - \frac{C_t}{C_o}\right) \times 100\%$$

dengan  $C_o$  adalah konsentrasi gas sebelum direduksi dan  $C_t$  adalah konsentrasi gas setelah direduksi.

Seluruh proses penelitian yang dilakukan dapat digambarkan dengan diagram blok di bawah ini (gambar 3.1):



Gambar. 3.1. Skema laju gas dalam reaktor.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

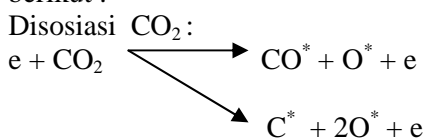
### 1. Pereduksian Polutan Gas $CO_x$

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa sistem pereduksian menggunakan plasma non termal telah berhasil untuk mereduksi gas polutan kendaraan dengan kisaran reduksi sebesar 57 – 80 %. Ini menunjukkan bahwa sistem ini sangat efektif diterapkan pada kendaraan bermotor, mengingat prinsip kerja alat ini tanpa menggunakan bahan aditif.

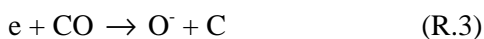
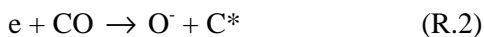
Sedangkan hipotesa reduksi gas  $CO_x$  tersebut di atas adalah sebagai berikut :

Disosiasi  $CO_2$  :

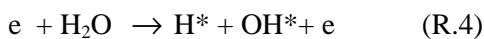
Sedangkan hipotesa reduksi gas  $CO_x$  tersebut di atas adalah sebagai berikut :



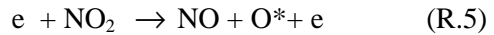
Disosiasi CO :



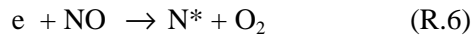
Disosiasi  $H_2O$  :



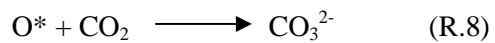
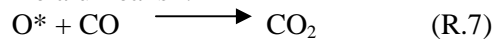
Disosiasi  $NO_2$  :



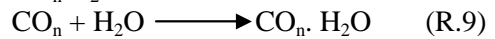
Disosiasi NO :



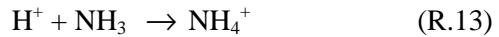
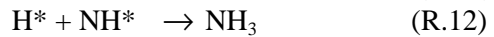
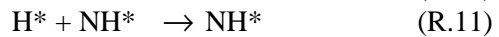
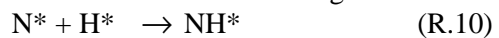
Radikal  $O^*$  yang terbentuk dari disosiasi  $CO_2$  dan CO maupun  $H_2O$  dapat berikatan dengan  $CO_2$  dan CO sehingga membentuk  $CO_3^{2-}$  dan  $CO_2$  melalui reaksi :



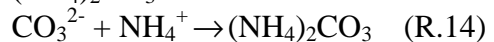
Senyawa  $CO_3^{2-}$  yang terbentuk, kemudian akan bereaksi lebih lanjut dengan  $H_2O$  membentuk aerosol  $CO_n \cdot H_2O$  melalui reaksi :



Sedangkan pembentukan  $NH_4^+$  dapat terjadi melalui hipotesa reaksi bertahap antara radikal  $N^*$  dengan radikal  $H^*$  dan ion  $H^+$  sebagai berikut :



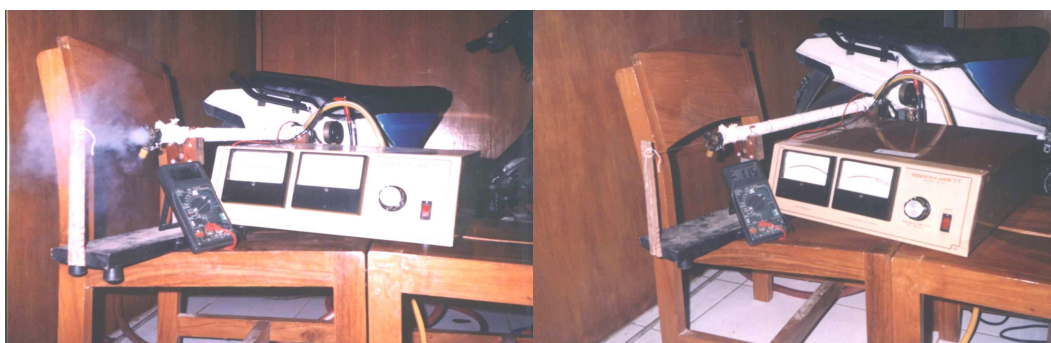
Senyawa  $NH_4^+$  yang terbentuk kemudian bereaksi lebih lanjut dengan  $CO_3^{2-}$  untuk membentuk senyawa  $(NH_4)_2CO_3$  melalui reaksi :



Dari data terlihat bahwa pereduksian untuk gas buangan dari kendaraan yang memiliki bensin campur lebih besar dari kendaraan yang hanya menggunakan bahan bakar bensin saja. Hal ini dikarenakan untuk bensin campur didapat komposisi senyawa kimia yang lebih banyak dibandingkan dengan bensin murni. Dengan demikian maka akan semakin banyak senyawa gas yang terbentuk setelah mengalami proses pembakaran, dengan demikian akan menambah terbentuknya elektron dalam plasma tersebut. Pada kendaraan yang berbahan bakar campur emisi gas buangnya berwarna putih pekat atau berkabut, hal ini menunjukkan adanya

partikel koloid yang terkandung didalam asap tersebut. Namun setelah diberlakukannya korona pada emisi gas, maka kabut asap tersebut secara visual 100% tereduksi atau hilang. Hilangnya kabut asap tersebut dikarenakan partikel koloid yang terkandung didalam kabut asap tersebut setelah masuk ke dalam reaktor, kemudian akan termuati oleh adanya elektron yang terdapat di dalam plasma, sehingga partikel tersebut akan menjadi partikel bermuatan, dan oleh

2923,9  $\text{cm}^{-1}$  dan 2854,5  $\text{cm}^{-1}$ . Pita dari tekukan (bending) C-H pada 1377,2  $\text{cm}^{-1}$ . Adanya gugus C-O ditunjukkan oleh serapan pita 1155,3  $\text{cm}^{-1}$  dan untuk C=O ulur ditunjukkan oleh serapan 1706,9  $\text{cm}^{-1}$ . Adanya gugus  $\text{CO}_3^{2-}$  ditunjukkan oleh serapan pita 1460  $\text{cm}^{-1}$ . Berdasarkan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa salah satu senyawa yang terdapat dalam kerak memiliki ikatan C-H, C-O, C=O dan  $\text{CO}_3^{2-}$ .



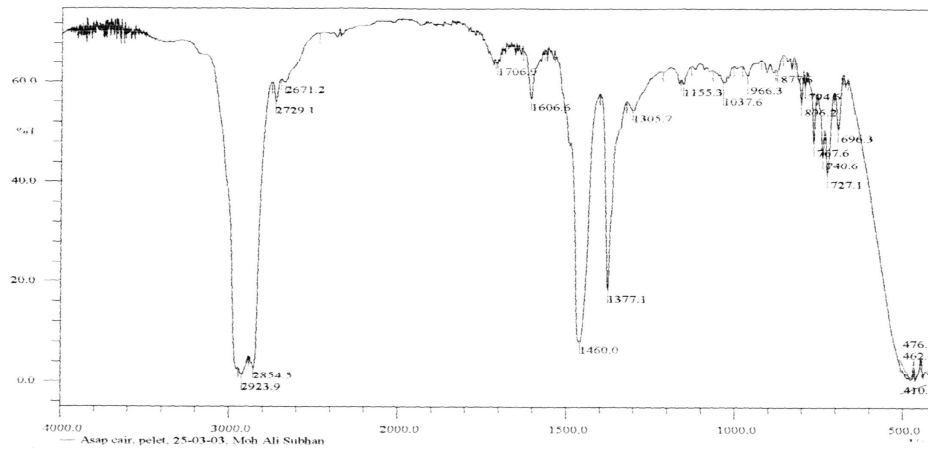
**Gambar 4.** Keadaan polutan sebelum dan sesudah direduksi

gaya elektrostatis maka partikel bermuatan tersebut akan tertarik oleh masing-masing elektroda. Dengan demikian maka partikel tersebut akan terendapkan pada elektroda kawat tersebut. Terendapnya partikel ini dapat ditunjukkan oleh adanya kerak berwarna hitam pada elektroda-elektroda tersebut. Foto yang menunjukkan hilangnya kabut asap tersebut dapat dilihat pada gambar 4.

Hasil penelitian ini akan sangat mungkin untuk diterapkan pada seluruh kendaraan di daerah Jateng mengingat sangat sederhananya alat ini. Untuk dapat diterapkannya sistem ini perlu adanya kebijakan pemda daerah setempat karena ini merupakan asat daerah terutama pada era otonomi saat ini.

#### 4.2. Analisa FTIR pada Kerak Hasil Pereduksian Gas Polutan

Gambar 5 menunjukkan spektra FTIR kerak yang tertinggal pada reaktor sebagai salah satu hasil dari proses reduksi polutan kendaraan bermotor. Adanya gugus C-H ditunjukkan oleh serapan uluran (stretching) tajam pada



Gambar 5. Grafik FTIR

Tabel. Korelasi Pita-Pita Spektra FTIR (Atkins,1997)

Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (cm <sup>-1</sup> )
C-H Ulur	2850-2960	C-O	1300-1000
C-H Tekuk	1340-1465	C=N	2260-2240
C=C Ulur	1620-1680	O-H	3650-3600
N-H Ulur	3200-3500	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	1410-1460
N-H Tekuk	1640-1550	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1230-1250
C=O Ulur	1640-1780	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1080-1130

### 5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan guna mereduksi gas polutan CO<sub>x</sub> menggunakan plasma lucutan pijar korona dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe sistem pereduksian gas mampu mereduksi gas polutan CO<sub>x</sub> dan HC pada emisi kendaraan bermotor, tanpa menggunakan penambahan gas aditif, dengan hasil efisiensi dekomposisi sebesar 70%-80%. hal ini menunjukkan bahwa sistem memungkinkan untuk diterapkan pada kendaraan bermotor.
2. Pengujian kerak dengan menggunakan FTIR telah mendukung adanya gugus fungsi yang mendukung hasil pereduksian gas tersebut.

### 5.2. Saran

Untuk kesempurnaan hasil penelitian ini maka untuk penelitian yang lebih lanjut disarankan :

1. Menjadi bahan pertimbangan bagi Pemerintah agar dapat diterapkan pada kendaraan-kendaraan.
2. Perlunya sosialisasi dan kerjasama dengan instansi terkait lebih jauh tentang hasil penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

1. **Chang, J.S., 1993, *Energetic Electron Induced Plasma Processes for reduction of Acid and Greenhouse in Combustion Flue Gas*, edited by Penetrate, B. M. and Schultheis, S. E.,**

- NATO ASI Series, springer-Verlag
2. Fessenden, J. R., and Fessenden, S. J., 1986, *Organic Chemistry, Third Edition*, wadsworth, Inc., Belmont, california 94002. Massachuset, USA
  3. Francis, F. C., 1974, *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, New York
  4. Nur, M, dkk, 2003, *Pereduksian Gas Emisi CO<sub>x</sub> dengan Menggunakan Plasma Non-Termik*, Laporan Hibah Bersaing 3, Universitas Diponegoro Semarang.
  5. Nur, M., 1998, *Fisika Plasma dan Aplikasinya*, Stadium General Fisika Universitas Diponegoro, Semarang.
  6. Nur, M., 1999, *Pengendalian gas-gas Emisi (NO<sub>x</sub> dan SO<sub>x</sub>) dari Pembakaran Batubara: Menggunakan Teknik Plasma Lucutan Pijar Korona*, proposal RUT VII
  7. Hidayat, D. A., 2000, *Pembuatan Prototipe Sistem Reduksi CO<sub>x</sub> Dengan Plasma Lucutan Pijar Korona Konfigurasi Geometri Elektroda Kawat Bidang*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
  8. Murbiyanto, R., 2001, *Uji Coba Prototipe Pereduksian Polutan Udara Yang Memanfaatkan Plasma Lucutan Pijar Korona Berkonfigurasi Geometri Elektroda Kawat-Bidang Pada Gas karbon Dioksida (CO<sub>2</sub>) Dari Gas Buang Kendaraan Bermotor*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang
  9. Krane, K., 1992, *Fisika Moderen*, penerjemah hans J. Wosparkrik dan Sofia Niksolihin, UI-Press.
  10. Ruktiningsih, 2003, *Usulan Pengendalian laju polusi kendaraan bermotor kota Semarang*, prosiding seminar hasil-hasil penelitian, BalitbangDa Jateng.
  11. Sugiharto, A., 2004, *Pereduksian Polutan CO<sub>x</sub> Memanfaatkan Plasma Lucutan Pijar Korona Negatif Berkonfigurasi Geometri Elektroda Kawat- Bidang tanpa zat aditif*, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang