

Rancang Bangun Sistem Pembangkit Plasma Lucutan Pijar Korona dengan Sistem Pengapian Mobil Termodifikasi untuk Pereduksian CO_x.

Sumariyah¹, Agus Triyanto², dan Muhammad Nur³

1. Laboratorium Fisika Elektronika dan instrumentasi

2. Lapboratorium Riset Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

3. Laboratorium Fisika Atom dan Nuklir Jurusan Fisika Universitas Diponegoro

Abstrak

Telah dibuat prototipe pembangkit plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi untuk pereduksian CO_x. Plasma dibangkitkan dalam reaktor plasma dengan konfigurasi pisau bidang yang berisi gas emisi kendaraan bermotor 1600cc. Sistem pengapian mobil termodifikasi terdiri dari komponen baterai, koil pengapian, distributor (kontak platina), motor penggerak DC dan sumber tegangan rendah DC. Ketika saklar ditutup. Arus dari baterai akan mengalir ke kumparan primer kemudian diteruskan ke ground, ketika kontak platina yang digerakkan oleh motor penggerak DC membuka maka akan menghasilkan tegangan tinggi dalam koil pengapian kemudian diteruskan ke reaktor plasma dengan menggunakan kabel tegangan tinggi. Tegangan tinggi yang diteruskan ke reaktor digunakan sebagai pembangkit plasma untuk pereduksian CO_x. Efisiensi dekomposisi CO₂ terbesar yang diperoleh dalam penelitian 32% dan Efisiensi dekomposisi CO sebesar 40% dalam kondisi gas mengalir dalam reaktor dan putaran maksimum distributor 1320 rpm.

PENDAHULUAN

Setiap pembakaran hidrokarbon dari minyak bumi akan mengeluarkan gas-gas sisa berupa senyawa-senyawa NO_x, SO_x, dan CO_x. Senyawa-senyawa tersebut merupakan penyebab utama terjadinya hujan asam, efek rumah kaca dan menjadi salah satu penyebab menurunnya kualitas lingkungan^[3].

Untuk menanggulangi bahaya penurunan kualitas lingkungan akibat pembakaran hidrokarbon, pengendalian gas-gas polutan harus dilakukan dengan salah satu cara diantaranya melalui pemanfaatan teknologi plasma non-termik pada tekanan atmosfer^[1]. Teknologi plasma non-termik didasari atas sifat plasma non-termik, yakni mudahnya plasma jenis tersebut menghasilkan senyawa-senyawa radikal bebas (*free radical*)^[5].

Plasma non-termik dapat dibangkitkan dalam reaktor plasma dengan beberapa teknik antara lain lucutan korona pulsa dan lucutan pijar korona^[4]. Lucutan korona dapat terbentuk di dalam medan listrik tak serba sama (*non-uniform electric field*) yang kuat, tetapi kuat medan yang dibangkitkan tidak cukup besar untuk menimbulkan lucutan arc (*arc discharge*) pada gas. Medan listrik tak serba sama ini dapat dibangkitkan dengan sistem elektroda misalnya: titik-bidang, kawat-bidang, pisau-bidang, dan lain-lain^[2].

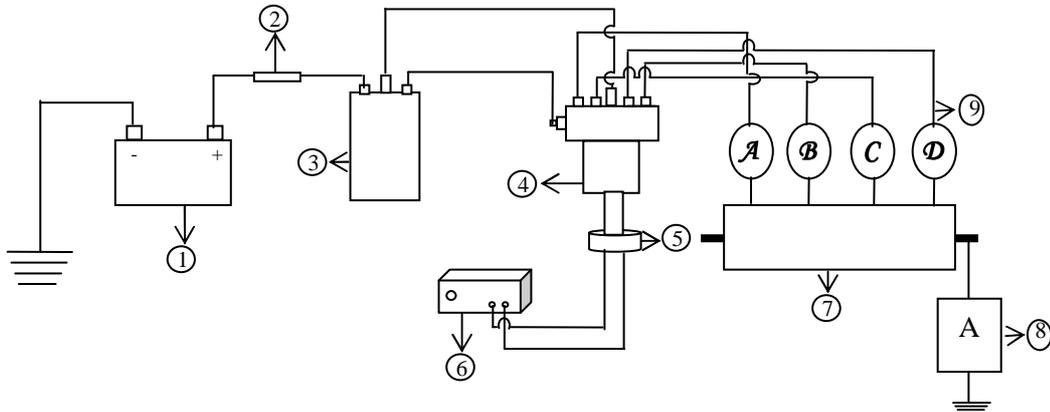
Penelitian tentang pemanfaatan plasma non-termik dalam pengendalian gas buang pembakaran hidrokarbon khususnya untuk gas CO_x telah dilakukan diantaranya oleh Islami (2000), Hidayat (2001), dan Murbiyanto (2001) melalui pembangkitan plasma non-termik dengan menggunakan teknik lucutan pijar korona pada konfigurasi geometri elektroda titik-bidang (*point-to-plane electrode geometry*) (Islami, 2000) dan kawat-bidang (*wire-to-plane electrode geometry*) (Hidayat, 2001; Murbiyanto, 2001) dan pisau-bidang (Tryadiaksa, 2004). Dalam penelitian sebelumnya plasma non-termik dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan DC dari ctu daya tegangan tinggi yang bersumber dari tegangan PLN sehingga terjadi kendala dalam penerapannya pada kendaraan bermotor. Penelitian sebelumnya kondisi gas CO_x yang akan direduksi harus dalam kondisi statis.

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan sistem pembangkit plasma lucutan pijar korona dengan sistem pengapian mobil termodifikasi untuk pereduksian CO_x dengan geometri elektroda pisau-bidang (*knife-to-plane electrode geometry*). Sistem pengapian mobil termodifikasi akan memberikan catu daya tegangan tinggi yang dapat digunakan untuk membangkitkan reaktor plasma. Sehingga dari penelitian ini diharapkan system

pereduksian gas CO_x dapat di terapkan dalam kendaraan bermotor.

II. EKSPERIMEN

Penelitian ini menggunakan rangkaian seperti gambar 1. dibawah ini:



Keterangan gambar:

- | | | |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Baterai | 5. Motor DC | 9. Kabel tegangan tinggi A, B, C, D |
| 2. Skalar on/off | 6. Penyedia tegangan rendah | |
| 3. Koil pengapian | 7. Reaktor Plasma | |
| 4. Distributor | 8. Ampermeter | |

Gambar 1. Prototipe sistem pembangkit plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi

Jika kunci kontak/saklar dihidupkan (*on*) arus baterai akan mengalir ke kumparan primer koil dan diteruskan ke massa (*ground*). Pada saat pemutus (*platina*) menutup arus yang ada akan diteruskan ke massa. Pada saat pemutus membuka akan terjadi pengiduksian arus dari kumparan primer ke kumparan sekunder dengan menghasilkan tegangan sekunder yang tinggi kemudian diteruskan ke reactor dengan menggunakan kabel tegangan tinggi.

Penelitian ini diawali dengan pengujian karakteristik pembangkit plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi. Pengujian pembangkit plasma lucutan pijar korona untuk pereduksian CO_x menggunakan rangkaian sesuai gambar 1. Variabel yang diukur adalah arus listrik yang mengalir melalui reaktor sebagai fungsi putaran kontak platina (*distributor*). Kemudian dilakukan pengujian pereduksian gas CO_x . Gas dari emisi kendaraan yang telah bercampur dengan aditif udara bebas di dalam knalpot dialirkan ke dalam reaktor melalui konektor pipa gas. Setelah gas berada di dalam reaktor, konsentrasi CO_x diukur dengan menggunakan *gas analyzer* untuk mengetahui konsentrasi CO_x mula-

mula (konsentrasi CO_x sebelum reduksi) sekaligus untuk meyakinkan bahwa reduksi CO_x hanya terjadi karena adanya lucutan plasma pijar korona di dalam reaktor. Setelah gas berada dalam reaktor, tegangan dari sistem pengapian mobil termodifikasi diberikan pada reaktor dengan menaikkan putaran distributor/*platina* dari putaran rendah ke putaran besar. Gas yang berada di dalam reaktor diberikan perlakuan kondisi plasma dalam keadaan terus menerus mengalir dan pada kondisi elektroda pisau statis. Hal tersebut dimaksudkan agar dapat teramati kondisi gas dalam plasma jika gas tersebut dalam keadaan mengalir. Pereduksian tersebut diberikan dengan memvariasi tegangan yaitu dengan mengubah putaran distributor (*platina*) dalam sistem pembangkit pengapian termodifikasi. Setelah proses pereduksian dilakukan selanjutnya gas dikeluarkan dari reaktor untuk diukur konsentrasi CO_x -nya dengan menggunakan *gas analyzer*. Konsentrasi CO_x yang terbaca adalah konsentrasi CO_x setelah direduksi. Besarnya persentase reduksi CO_x dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Nur, 2003):

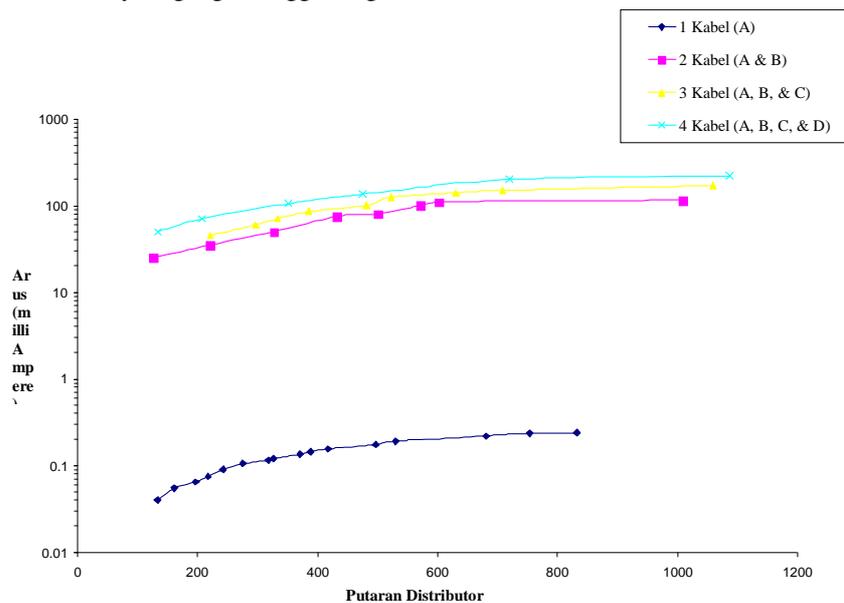
$$\text{Persentase reduksi } CO_2 = \left(1 - \frac{C_t}{C_o}\right) \times 100\%$$

Dengan C_o adalah konsentrasi CO_2 sebelum direduksi dan C_t adalah konsentrasi CO_2 setelah direduksi.

sistem pengapian termodifikasi yang digunakan untuk membangkitkan plasma yang dapat dibawa kemana-mana dan tidak tergantung dengan tegangan PLN. Sistem pembangkit ini kemudian diaplikasikan untuk pereduksian gas CO_x pada emisi kendaraan bermotor (mobil) sehingga dapat diaplikasikan pada kendaraan yang bergerak.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memfokuskan pada pembuatan catu daya tegangan tinggi dengan



Gambar 2. Pengaruh putaran distributor sistem pengapian mobil termodifikasi terhadap arus yang mengalir dalam reaktor

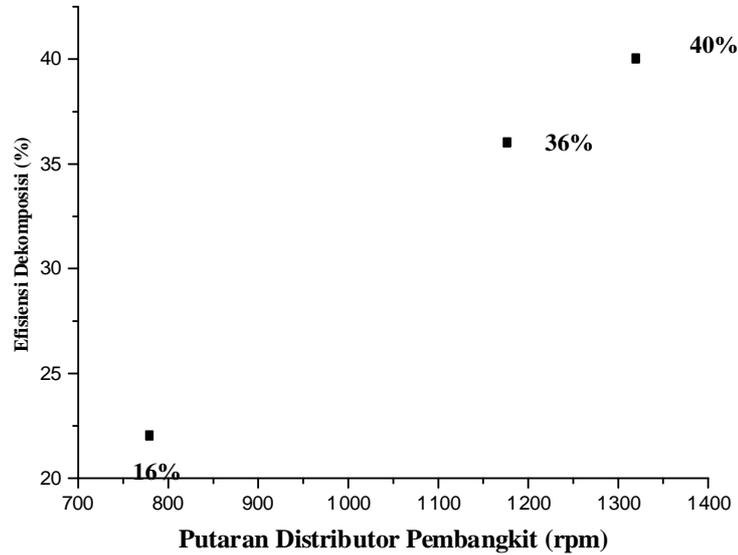
3.1 Hasil Uji Sistem Pengapian Mobil Termodifikasi Sebagai Pembangkit Plasma

Penelitian ini diawali dengan pengujian karakteristik pembangkit plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi. Pengujian pembangkit plasma lucutan pijar korona untuk pereduksian CO_x menggunakan rangkaian sesuai gambar 1. Adapun variabel yang diukur adalah arus listrik yang mengalir melalui reaktor sebagai fungsi putaran kontak platina (distributor). Dari data hasil penelitian dapat dilihat pada grafik pada gambar 2. Terjadinya plasma dalam reaktor ditandai dengan timbulnya arus yang mengalir dalam reaktor. Arus yang timbul dalam reaktor ini tergantung dengan putaran kontak platina (distributor) dan jumlah kabel tegangan tinggi (kabel busi) yang terhubung dengan reaktor

plasma. Semakin tinggi putaran kontak platina (distributor) semakin besar pula arus yang mengalir dalam reaktor. Arus akan semakin besar pula jika jumlah kabel tegangan tinggi yang terhubung dengan reaktor plasma semakin banyak. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.

3.2. Hasil Uji Pereduksi CO dan CO_2

Dalam kondisi plasma lucutan pijar korona, ionisasi berantai yang terjadi menyebabkan terdisosiasinya gas CO_2 , CO serta gas-gas lainnya yang terkandung dalam gas buang seperti uap air (H_2O), NO_x , SO_x dan HC menjadi ion-ion, elektron, dan radikal energetik. Proses terbentuknya radikal oleh pelipatgandaan elektron disebut tahap inisiasi dalam mekanisme reaksi radikal bebas.



Gambar 3. Pengaruh putaran distributor sistem pengapian mobil termodifikasi terhadap Efisiensi Dekomposisi CO

Berikutnya pada tahap propa-gansi di dalam mekanisme reaksi radikal bebas, radikal-radikal energetik yang tidak stabil akan bereaksi dengan molekul-molekul gas buang yang terdapat di dalam prototipe reaktor plasma sehingga terjadi disosiasi-disosiasi baru dari molekul-molekul gas tersebut. Menurut Chang (1991), disosiasi pada CO_2 akan menghasilkan CO , C^* , dan O^* , disosiasi pada CO akan menghasilkan C^* dan O^* , sedang disosiasi pada uap air (H_2O) akan menghasilkan H^* dan OH^* . Mekanisme reaksi radikal bebas berakhir ketika radikal-radikal yang dihasilkan dari proses disosiasi tersebut bereaksi membentuk senyawa baru yang stabil sehingga konsentrasi CO_2 dan CO dalam gas buang menjadi berkurang.

Dalam penelitian ini, pereduksian CO_2 dan CO dari gas buang kendaraan bermotor 1600 cc berbahan bakar jenis premium dilakukan pada kondisi plasma dengan variasi putaran distributor (kontak platina) serta gas dalam kondisi mengalir (*flow*). Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh putaran distributor terhadap tingkat pereduksian CO_2 dan CO .

Hasil uji coba pereduksian CO pada kondisi gas buang kendaraan bermotor

mengalir dalam reaktor dengan putaran distributor 780 rpm, 1177 rpm, 1320 rpm dilakukan untuk mengetahui pengaruh putaran distributor terhadap tingkat pereduksian CO_2 dan CO . Dari hasil penelitian dapat dilihat pada grafik hasil pengujian pereduksian CO terlihat seperti pada gambar 3.

Dari grafik diatas menunjukkan Efisiensi Dekomposisi (η) CO terbaik sebesar 40% dengan kondisi gas mengalir (*flow*) dalam reaktor plasma dan putaran distributor 1320 rpm serta arus yang mengalir dalam reaktor sebesar 220 mA. Hasil ini menunjukkan bahwa putaran distributor sistem pengapian mobil termodifikasi memengaruhi Efisiensi Dekomposisi dari CO . Semakin besar putaran kontak platina (distributor) semakin besar efisiensi pereduksian gas CO . Efisiensi Dekomposisi yang lebih tinggi pada putaran distributor yang besar seiring dengan terus berlangsungnya proses ionisasi berantai dan reaksi radikal bebas dari molekul-molekul gas buang dalam reaktor karena tegangan yang cukup tinggi.

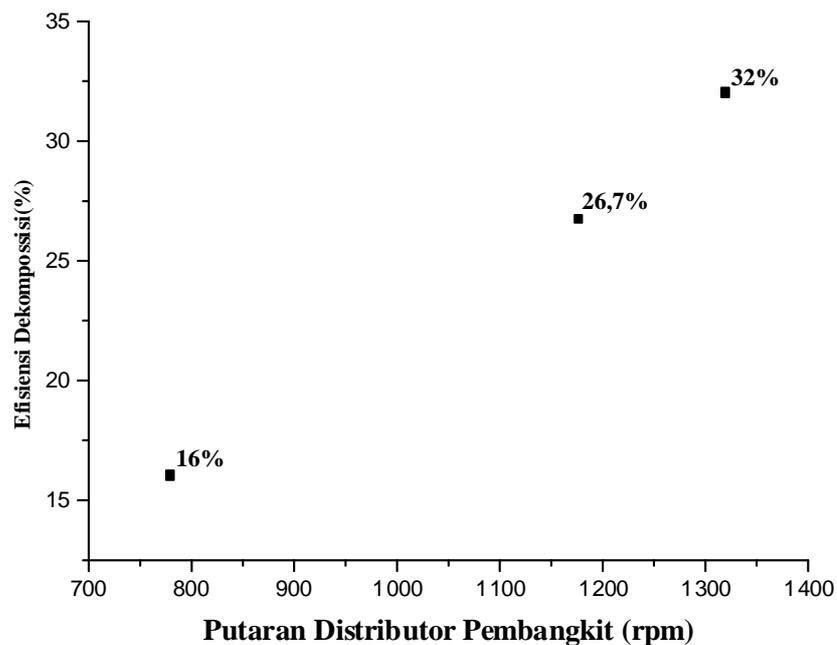
Penggunaan korona negatif dalam penelitian ini dikarenakan mengacu pada hasil penelitian Triadyaksa (2004). Efisiensi

Dekomposisi CO yang cukup signifikan pada penggunaan korona negatif dibandingkan dengan penggunaan korona positif pada empat durasi waktu pembangkitan korona. Hal ini dipengaruhi oleh daerah pembangkitan plasma yang lebih lebar pada korona negatif dibandingkan dengan korona positif sehingga proses pereduksian lebih efektif.

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan kemampuan generator dengan sistem pengapian mobil termodifikasi dibandingkan dengan generator yang digunakan oleh Triadyaksa (2004). Generator dengan sistem pengapian mobil termodifikasi ini dapat membangkitkan plasma dalam reaktor yang lebih panjang,

hal tersebut dikarenakan energi yang dibangkitkan oleh generator plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi lebih besar dibandingkan energi yang dibangkitkan dengan generator yang digunakan Triadyaksa. Sehingga sistem ini dapat mereduksi gas CO dari knalpot yang mengalir dalam reaktor.

Hasil uji coba pereduksian CO₂ pada kondisi gas buang kendaraan bermotor mengalir dalam reaktor plasma dengan variasi putaran distributor 780 rpm, 1177 rpm, 1320 rpm. Dari hasil penelitian dapat dilihat pada grafik hasil pengujian pereduksian CO₂ terlihat seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh putaran distributor terhadap Efisiensi Dekomposisi CO₂

Dari grafik diatas menunjukkan Efisiensi Dekomposisi (η) CO₂ terbaik sebesar 36% dengan kondisi gas mengalir (*flow*) dalam reaktor plasma dan putaran distributor 1320 rpm serta arus yang mengalir dalam reaktor sebesar 220 mA.. Hasil ini menunjukkan bahwa putaran distributor sistem pengapian mobil termodifikasi memengaruhi Efisiensi Dekomposisi dari CO₂. Semakin besar putaran kontak platina (distributor) semakin

besar efisiensi pereduksian gas CO₂. Efisiensi Dekomposisi yang lebih tinggi pada putaran distributor yang besar seiring dengan terus berlangsungnya proses ionisasi berantai dan reaksi radikal bebas dari molekul-molekul gas buang dalam reaktor karena tegangan yang cukup tinggi.

IV. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan guna membuat prototipe sistem pembangkit plasma dengan sistem pengapian termodifikasi untuk pereduksi gas polutan CO_x menggunakan plasma lucutan pijar korona dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Prototipe sistem pengapian mobil termodifikasi telah mampu membangkitkan plasma dalam reaktor dengan ditandai adanya arus listrik mengalir dalam reaktor. Dan besarnya arus listrik yang mengalir $I_{\min} = 40 \mu\text{A}$ serta $I_{\max} = 220 \text{ mA}$
2. Prototipe sistem pembangkit plasma dengan sistem pengapian mobil termodifikasi telah dapat diaplikasikan dalam teknologi pereduksian gas CO_x pada kendaraan bermotor 1600 cc. Kemampuan reduksi terbaik dalam pereduksian menggunakan sistem ini terhadap CO₂ sebesar 32% dan gas CO sebesar 40%, keduanya dalam kondisi gas mengalir (*Flow*) dan putaran distributor 1320 rpm serta arus yang

mengalir dalam reaktor sebesar 220 mA..

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chang, J.S., 1991, *Corona Discharge Processes*, IEEE Transaction on Plasma Science Vol. 19, pp 1152-1166
- [2] Goldman, M. dan Goldman, A., 1978, *Corona Discharge In Gaseous Electronic*, Edited by M. N., Hirshand H.J., Oskam, Chap 4, Academic, New York
- [3] Nur, M., dkk., 2003, *Pereduksian Dengan Menggunakan Plasma Non-Termik*, Temu Ilmiah HFI Jateng 2003
- [4] Nur, M., 1998, *Fisika Plasma dan Aplikasinya*, Stadium General Fisika Universitas Diponegoro, Semarang
- [5] Orlandini, O., and Riadel, U., 2000, *Chemical Kinetics of NO Removal by Pulsed Corona Discharges*, Journal Phys. D: Appl. Phys., Vol 33, pp 2467-2474