

STUDI PENYISIHAN EMISI KARBON MONOKSIDA (CO) PADA ASAP ROKOK FILTER DAN CERUTU DENGAN VARIASI TEGANGAN LISTRIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PLASMA

Dhila Fiberia Ramadhani*), Haryono Setiyo Huboyo**), Zaenul Muhlisin**)

ABSTRACT

Smoking area in public area is not the solution because it can not reduce the dangers posed by cigarette smoke. Therefore, this study aims to determine the concentration of CO in cigarette smoke without the use of plasma technology, determine the concentration of CO of any power supply voltage variation using plasma technology and analyzing CO emission removal efficiency of each power supply voltage variations are used in plasma technology. In this study, tobacco use is the type of filter cigarettes and cigars. In addition, the plasma reactor used is a type of Dielectric Barrier Discharge (DBD) with 1kV voltage variation; 1,5 kV and 2 kV. The result showed that the power supply voltage of 1.5 kV has the highest efficiency, ie 72.4% for cigarette filters and 94.8% for cigarettes cigars.

Keywords : Air Pollution, Tobacco Smoke, Carbon Monoxide, Plasma Technology

PENDAHULUAN

Kualitas lingkungan perlu ditingkatkan, salah satunya adalah peningkatan kualitas udara karena udara merupakan komponen lingkungan yang penting dalam kehidupan. Oleh karena itu, udara perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukung bagi mahluk hidup untuk hidup secara optimal.

Menurut Fardiaz (1992), pencemaran udara dapat disebabkan karena aktivitas manusia. Salah satu aktivitas manusia yang dapat menyebabkan pencemaran udara adalah merokok, dimana pada asap rokok yang dihasilkan mengandung gas-gas berbahaya, salah satunya adalah gas karbon monoksida (CO). Pencemaran udara yang disebabkan asap rokok dapat mengancam kelestarian lingkungan hidup dan memberi dampak buruk terhadap kesehatan para perokok aktif maupun pasif.

Di Indonesia asap rokok merupakan masalah yang tidak dapat dihindari karena saat ini dapat ditemukan banyak perokok di tempat-tempat umum seperti perkantoran, restoran, pusat perbelanjaan, dan lain-lain. Menurut laporan The Jakarta Global Youth Tobacco Survey tahun 2000 menunjukkan,

sebanyak 89 persen murid usia 13-15 tahun telah menyedot asap rokok lingkungan di tempat-tempat umum dan berisiko menderita penyakit bronkitis, pneumonia serta penyakit telinga tengah. Ditambahkan, penyakit paru kronis pada orang dewasa ternyata merupakan akibat paparan asap rokok pada masa anak (Pinus,2010). Meskipun telah disediakan tempat khusus merokok (*smoking area*) di tempat-tempat umum, namun *smoking area* bukanlah solusi karena *smoking area* tidak dapat mengurangi bahaya yang ditimbulkan oleh asap rokok.

Adanya masalah polusi dari asap rokok ini, diharapkan teknologi plasma dapat mereduksi kandungan karbon monoksida (CO) yang terdapat dalam asap rokok karena karbon monoksida (CO) merupakan salah satu faktor penurunan kualitas udara. Dalam penelitian sebelumnya, teknologi plasma dapat menyisihkan emisi CO pada asap rokok dengan efisiensi sebesar 58% (Prasetya, 2011). Pada implementasinya, teknologi plasma diletakkan di *smoking area* yang terpakai setiap hari oleh perokok sehingga kualitas udara di dalam ruangan tersebut tetap terjaga. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui konsentrasi CO pada asap

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing

rokok filter dan cerutu tanpa menggunakan teknologi plasma, mengetahui konsentrasi CO pada asap rokok filter dan cerutu dari setiap variasi tegangan listrik yang digunakan pada teknologi plasma dan

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Variabel bebas: tegangan listrik dan jenis rokok. Tegangan listrik yang digunakan adalah 0 kV; 1 kV; 1,5 kV; dan 2 kV. Sedangkan untuk jenis rokok yang digunakan ialah rokok filter dan cerutu.

Variabel terikat: konsentrasi karbon monoksida (CO).

Variabel kontrol: jumlah rokok yang digunakan dan debit aliran gas. Jumlah rokok yang digunakan pada masing-masing variasi adalah dua, sedangkan debit aliran gas dikontrol dengan menggunakan *gas analyzer* yaitu sebesar 2,2 liter/menit.

Alat dan Bahan



Gambar 1
Rangkaian Alat

Rangkaian alat yang digunakan terdiri dari 2 buah inlet rokok yang masing-masing berdiameter 0,8 cm, 4 buah valve untuk mengatur bukaan aliran asap rokok, selang bening berdiameter 0,6 cm untuk mengalirkan asap rokok, *hand pump* untuk menghisap asap rokok, tabung penampung asap rokok yang bervolume 0,6 liter, *gas analyzer* tipe ECOM J2KN Pro untuk mengukur konsentrasi CO yang terkandung pada asap rokok, *High Voltage DC* Tipe PS-102 dengan kapasitas 0-35 kV sebagai sumber listrik dan osiloskop tipe DOS-470 untuk membaca tegangan listrik yang

menganalisis efisiensi penyisihan emisi CO pada asap rokok filter dan cerutu dari setiap variasi tegangan listrik yang digunakan pada teknologi plasma.

dialirkan. Sedangkan reaktor plasma yang digunakan adalah jenis *Dielectric Barrier Discharge (DBD)* berdiameter 2 cm, panjang 25 cm, volume 0,04 liter dan jarak antar elektroda 1 cm.

Percobaan dilakukan dengan meletakkan dua buah rokok pada kedua inlet inlet yang kemudian dihisap dengan menggunakan *hand pump* agar asap dapat masuk ke tabung penampung gas. Gas yang masuk ke tabung penampung selanjutnya diaduk dengan menggunakan *fan* dengan tujuan untuk penghomogenan gas. Kemudian asap rokok akan mengalir menuju outlet reaktor dimana pada outlet reaktor terdapat sensor *gas analyzer*. Melalui sensor *gas analyzer* akan terdeteksi konsentrasi CO yang terdapat pada rokok dimana perubahan konsentrasi akan muncul pada layar *gas analyzer*. Prosedur percobaan tersebut dilakukan pada setiap variasi tegangan, yaitu 0 kV (kondisi reaktor plasma *off*); 1 kV; 1,5 kV dan 2 kV yang di uji secara bergantian. Setiap variasi dilakukan pengulangan sebanyak 1 kali.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi CO pada Asap Rokok Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma

Pengukuran tahap awal konsentrasi karbon monoksida (CO) pada asap rokok dilakukan sebelum asap rokok dilewatkan pada reaktor plasma jenis *Dielectric Barrier Discharge (DBD)* seperti penelitian Kogelschatz (2000) dengan menggunakan arus listrik DC seperti penelitian Istadi (2014). Pengukuran dilakukan terhadap dua jenis rokok, yaitu rokok filter dan rokok cerutu. Rokok yang digunakan dipilih berdasarkan hasil survey, dimana rokok tersebut merupakan rokok filter dan cerutu yang sering digunakan oleh konsumen.

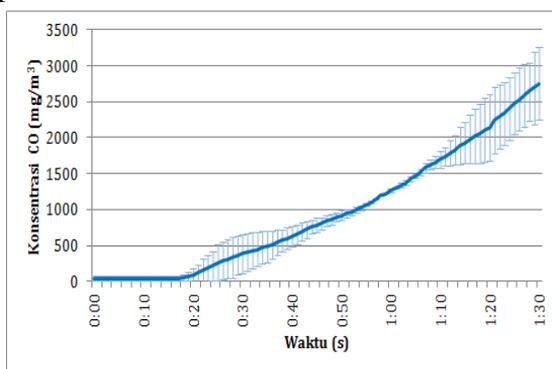
Rokok Filter

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan dua batang rokok, dimana jumlah rokok yang digunakan merupakan

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing

variabel kontrol yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dua batang rokok filter membutuhkan waktu selama 1,5 menit atau 90 detik untuk habis terbakar. *Gas analyzer* akan mendeteksi kandungan CO pada *mainstream smoke* (Marcilla, 2012) yang telah terhisap. Selanjutnya pengukuran ini dilakukan dengan satu kali pengulangan agar mendapat dua variasi data pengukuran konsentrasi CO tanpa menggunakan reaktor plasma. Dari dua variasi data yang diperoleh, dilakukan perhitungan rata-rata data konsentrasi CO yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2
Grafik Konsentrasi CO pada Asap Rokok Filter Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi CO pada asap rokok filter terus meningkat dari awal rokok dibakar, hal ini menunjukkan tingginya konsentrasi CO yang dapat dicapai oleh asap rokok filter ketika tidak menggunakan teknologi plasma yaitu mencapai 2754,5 mg/m³. Pada awal percobaan, gas yang terdeteksi oleh *gas analyzer* masih tercampur oleh udara bebas pada tabung penampung dengan volume 1,17 liter. Setelah berlangsung beberapa saat, dimana asap rokok terus mengalir masuk ke tabung penampung dengan debit aliran 0,03 l/detik menggunakan hisapan *hand pump*, maka udara bebas pada tabung penampung akan terdorong keluar dan asap rokok akan memenuhi tabung penampung hingga bewarna putih pekat setelah 39 detik. Di sisi lain, pengambilan data pada rokok filter dilakukan selama 90 detik dengan asap rokok dari tabung penampung terus mengalir ke reaktor plasma yang bervolume $\pm 0,06$

liter. Perbedaan volume tabung penampung dan reaktor plasma menyebabkan gas

tertahan pada tabung penampung selama beberapa detik. Tertahannya gas pada tabung penampung dengan aliran gas yang mengalir masuk secara kontinyu menyebabkan molekulmolekul gas didalam tabung semakin rapat. Hal ini yang menyebabkan konsentrasi CO yang terus meningkat secara kontinyu.

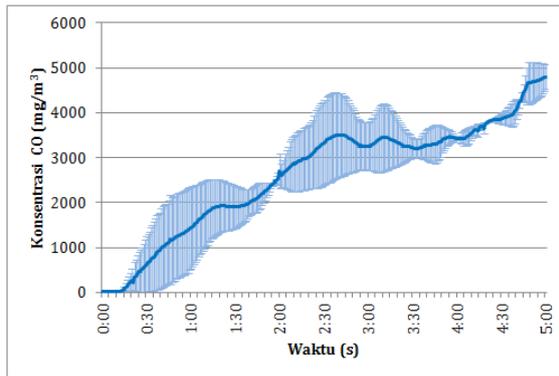
Standar deviasi menunjukkan perbedaan antara kedua data yang disebabkan karena pengambilan data dilakukan per detik dan pembentukan CO yang terjadi setiap saat dan tinggi rendahnya tidak berlangsung dalam waktu yang tepat sama pada setiap pengambilan data dilakukan. Hal ini juga menyebabkan perbedaan tinggi dan rendahnya standar deviasi yang dihasilkan dari kedua data.

Pada pembakaran asap rokok terjadi pembakaran tidak sempurna terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon. Karbon atau komponen yang mengandung karbon akan bereaksi dengan O₂ di udara, sehingga terbentuklah CO (Fardiaz, 1992). Pembakaran tidak sempurna dihasilkan bila tidak ada oksigen yang cukup untuk membakar sepenuhnya hingga menjadi karbondioksida dan air.

Rokok Cerutu

Pada rokok cerutu, dua batang rokok membutuhkan waktu selama 5 menit atau 300 detik untuk habis terbakar. Selanjutnya pengukuran ini dilakukan dengan satu kali pengulangan agar mendapat dua variasi data pengukuran konsentrasi CO tanpa menggunakan reaktor plasma. Dari dua variasi data yang diperoleh, dilakukan perhitungan rata-rata data konsentrasi CO yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.

*) Mahasiswa
 **) Dosen Pembimbing



Gambar 3

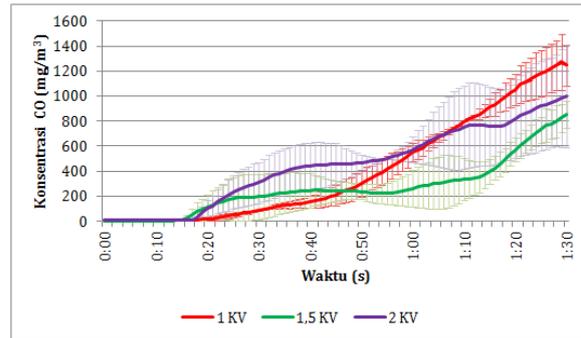
Grafik Konsentrasi CO pada Asap Rokok Cerutu Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa konsentrasi CO pada asap rokok cerutu terus meningkat dari awal rokok dibakar, hal ini menunjukkan tingginya konsentrasi CO yang dapat dicapai oleh asap rokok cerutu ketika tidak menggunakan teknologi plasma yaitu mencapai 4804 mg/m³. Jika dibandingkan dengan rokok filter, pada detik ke-90 konsentrasi CO yang dicapai pada asap rokok cerutu lebih rendah jika dibandingkan rokok filter. Namun, jika dibandingkan pada detik terakhir pengukuran, konsentrasi CO pada asap rokok cerutu lebih tinggi dibanding dengan asap rokok filter, hal ini disebabkan karena rokok cerutu memiliki waktu pembakaran yang lebih lama yaitu 300 detik. Jika dilihat dari tren grafiknya, konsentrasi CO terus meningkat dari awal hingga akhir penelitian dilakukan.

Konsentrasi Karbon Monoksida (CO) pada Asap Rokok dengan Menggunakan Teknologi Plasma

Pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO) pada asap rokok dengan menggunakan dua variasi tegangan listrik, yaitu 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui perbedaan hasil konsentrasi CO berdasarkan variasi tegangan listrik pada reaktor plasma yang telah ditentukan.

Rokok Filter



Gambar 4

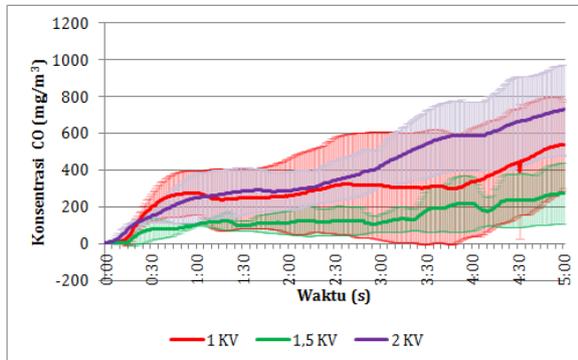
Grafik Konsentrasi CO pada Asap Rokok Filter dengan Menggunakan Teknologi Plasma pada Tegangan Listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa variasi tegangan listrik yang digunakan untuk teknologi plasma memberikan pengaruh terhadap penyisihan konsentrasi CO yang dihasilkan oleh asap rokok filter. Tidak terjadinya perubahan konsentrasi pada 16-23 detik pertama disebabkan oleh *gas analyzer* yang membutuhkan waktu untuk bereaksi terhadap gas yang sedang dideteksi. Konsentrasi CO pada ketiga tegangan listrik sangat variatif sehingga menimbulkan perpotongan grafik pada detik ke-47 dan 66. Hal ini disebabkan karena dalam plasma terdapat proses disosiasi, ionisasi dan eksitasi yang terjadi secara acak dalam waktu bersamaan. Konsentrasi CO pada tegangan listrik 1 kV mencapai titik tertinggi yaitu sebesar 1247,5 mg/m³ jika dibandingkan dengan konsentrasi CO pada tegangan listrik 1,5 dan 2 kV yang konsentrasinya sebesar 855 mg/m³ dan 998,5 mg/m³. Hal ini karena pada tegangan listrik 1 kV energi yang dialirkan masih rendah sehingga lucutan plasma yang dihasilkan tidak stabil. Lucutan plasma yang tidak stabil inilah yang menyebabkan proses ionisasi yang kurang optimal sehingga ikatan CO belum dapat terpecah sempurna. Sedangkan pada 2 kV, energi yang dialirkan terlalu besar sehingga menyebabkan katoda menjadi panas. Energi panas dari katoda dapat memecah CO₂ menjadi CO dan ketika katoda panas dapat menyebabkan berkurangnya proses lucutan. Hal inilah yang menyebabkan konsentrasi CO pada tegangan listrik 2 kV tidak

*) Mahasiswa
 **) Dosen Pembimbing

serendah 1,5 kV, sehingga tegangan listrik 1,5 kV merupakan tegangan listrik yang paling optimal untuk reaktor plasma yang digunakan.

Rokok Cerutu



Gambar 5

Grafik Konsentrasi CO pada Asap Rokok Cerutu dengan Menggunakan Teknologi Plasma pada Tegangan Listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV

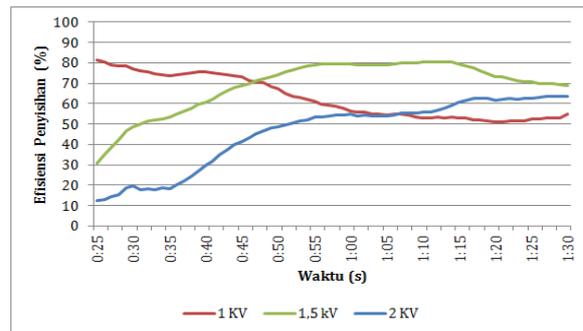
Dari Gambar 5 dapat dilihat bahwa variasi tegangan listrik yang digunakan untuk teknologi plasma memberikan pengaruh terhadap penyisihan konsentrasi CO yang dihasilkan oleh asap rokok cerutu. Selanjutnya, apabila dibandingkan dengan pengukuran pada asap rokok filter maka pengukuran konsentrasi CO pada asap rokok cerutu dengan variasi tegangan listrik memiliki hasil yang lebih baik karena paling tinggi hanya mencapai 274 mg/m³ yaitu dengan menggunakan tegangan listrik 1,5 kV.

Efisiensi Penyisihan Emisi CO pada Asap Rokok dengan Menggunakan Teknologi Plasma

Setelah proses penyisihan emisi CO pada asap rokok terjadi, maka dapat ditentukan efisiensi penyisihan emisi CO.

Efisiensi Penyisihan Tiap Detik

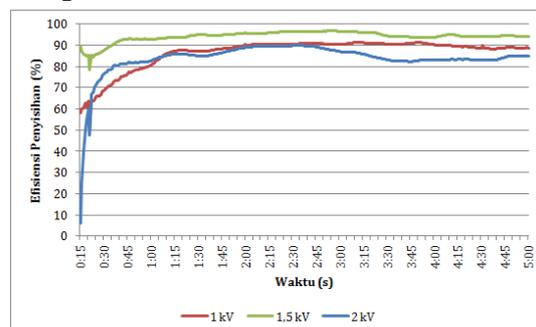
Dengan menggunakan cara perhitungan sebelumnya maka dapat diperoleh data efisiensi penyisihan CO pada asap rokok tiap detik.



Gambar 6

Grafik Efisiensi Penyisihan Emisi CO Tiap Detik pada Asap Rokok Filter

Penyisihan CO pada asap rokok filter mulai bekerja secara efektif pada detik ke-25. Fluktuasi efisiensi penyisihan dipengaruhi oleh fluktuasi data konsentrasi CO. Pada tegangan listrik yaitu 1 kV (garis merah), terjadi penyisihan emisi CO namun kurang optimal karena rendahnya energi yang dialirkan untuk menghasilkan proses ionisasi yang tinggi. Dengan menaikkan tegangan listrik menjadi 1,5 kV (garis hijau) maka partikel gas, elektron dan ion yang telah terbentuk mendapat tambahan energi dan melipatgandakan ionisasi sehingga penyisihan emisi CO dapat berjalan dengan lebih optimal. Apabila tegangan tegangan terus dinaikkan menjadi 2 kV (garis biru) maka selanjutnya terjadi tumbukan antara ion yang berenergi tinggi yang menyebabkan katoda menjadi panas, sehingga menjadi dominan untuk memproduksi elektron. Hal ini menyebabkan berkurangnya proses lucutan yang terjadi pada reaktor plasma. Selain itu, energi yang tinggi dapat menyebabkan terurainya CO₂ menjadi CO dan O₂.



Gambar 7

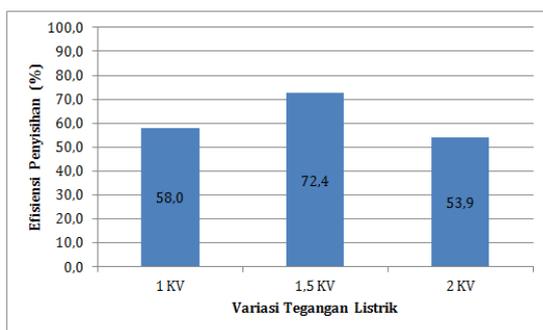
Grafik Efisiensi Penyisihan Emisi CO Tiap Detik pada Asap Rokok Cerutu

*) Mahasiswa
 **) Dosen Pembimbing

Penyisihan CO pada asap rokok cerutu mulai bekerja secara efektif pada detik ke-15. Efisiensi penyisihan emisi CO di akhir pengukuran pada asap rokok cerutu lebih tinggi dibanding asap rokok filter, hal ini disebabkan karena tingginya konsentrasi CO yang dicapai oleh asap rokok cerutu pada akhir pengukuran.

Efisiensi Penyisihan Total

Dengan menggunakan cara perhitungan sebelumnya maka dapat diperoleh data efisiensi penyisihan CO pada asap rokok filter selama waktu pengambilan data yang disebut sebagai efisiensi total. Massa CO yang digunakan dalam perhitungan adalah jumlah massa CO selama pengambilan data, dimana pengambilan data pada asap rokok filter dilakukan selama 90 detik.



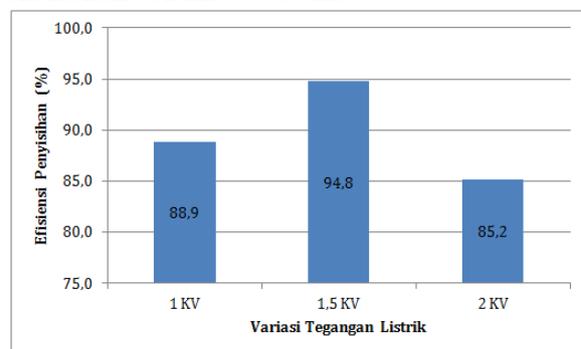
Gambar 8

Grafik Efisiensi Total Penyisihan Emisi CO pada Asap Rokok Filter

Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa tegangan listrik 1,5 kV menghasilkan efisiensi yang paling tinggi yaitu sebesar 72,4% sedangkan pada tegangan 1 kV dan 2 kV hanya menghasilkan efisiensi sebesar 58% dan 53,9%. Pada tegangan listrik rendah yaitu 1 kV, terjadi penyisihan emisi CO namun kurang optimal karena rendahnya energi yang dialirkan untuk menghasilkan proses ionisasi yang tinggi. Dengan menaikkan tegangan listrik menjadi 1,5 kV maka partikel gas, elektron dan ion yang telah terbentuk mendapat tambahan energi dan melipatgandakan ionisasi. Dengan tingginya ionisasi pada tegangan listrik 1,5 kV, maka penyisihan emisi CO pada tegangan listrik 1,5 kV lebih baik jika dibandingkan 1 kV. Apabila tegangan tegangan terus dinaikkan menjadi 2 kV maka

selanjutnya terjadi tumbukan antara ion yang berenergi tinggi yang menyebabkan katoda menjadi panas, sehingga menjadi dominan untuk memproduksi elektron yang mengakibatkan berkurangnya proses lucutan yang terjadi pada reaktor plasma (Nur, 2011). Selain itu, energi yang tinggi dapat menyebabkan terurainya CO₂ menjadi CO dan O₂ (Chang, 2003). Berkurangnya proses lucutan dan terurainya CO₂ menyebabkan efisiensi penyisihan CO pada tegangan listrik 2 kV lebih rendah jika dibandingkan dengan pada tegangan listrik 1kV dan 1,5 kV. Dari grafik dapat dilihat bahwa tegangan listrik 1,5 kV merupakan tegangan listrik yang paling efisien dalam penyisihan emisi CO pada asap rokok filter.

Selanjutnya, dengan menggunakan cara perhitungan yang sama maka dapat diperoleh data efisiensi penyisihan CO pada asap rokok cerutu selama waktu pengambilan data yang disebut sebagai efisiensi total. Massa CO yang digunakan dalam perhitungan adalah jumlah massa CO selama pengambilan data, dimana pengambilan data pada asap rokok filter dilakukan selama 90 detik.



Gambar 9

Grafik Efisiensi Total Penyisihan Emisi CO pada Asap Rokok Cerutu

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa tegangan listrik 1,5 kV menghasilkan efisiensi yang paling tinggi yaitu sebesar 94,8% sedangkan pada tegangan 1 kV dan 2 kV hanya menghasilkan efisiensi sebesar 88,9% dan 85,2%. Jika dibandingkan dengan efisiensi total pada rokok filter maka keduanya memiliki tegangan listrik optimal yang sama yaitu 1,5 kV. Selain itu, efisiensi total penyisihan emisi CO pada asap rokok

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing

cerutu lebih tinggi dibanding asap rokok filter, hal ini disebabkan karena tingginya konsentrasi CO yang dicapai oleh asap rokok cerutu pada akhir pengukuran.

Penelitian mengenai penyisihan kandungan CO pada asap rokok sebelumnya telah dilakukan oleh Prasetya (2011) dengan menggunakan reaktor jenis titik bidang dimana gas ditembak langsung dengan plasma tanpa menggunakan penghalang. Penelitian dilakukan dengan mengalirkan arus listrik AC ke reaktor plasma dengan tegangan listrik 1 kV, 2 kV, 3 kV, 4 kV, 5 kV, 6 kV, 7 kV dan 8 kV. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tegangan listrik 8 kV merupakan tegangan yang paling efisien untuk menyisihkan kandungan CO pada asap rokok, yaitu dengan efisiensi sebesar 58 %.

Selain itu, penelitian mengenai pengendalian emisi asap rokok sebelumnya telah dilakukan oleh Kinoshita et al (1997) dengan menggunakan jenis reaktor plasma tipe basah dimana air dialirkan melalui lubang-lubang kecil yang terdapat pada dinding reaktor sehingga membasahi permukaan reaktor dibagian dalam. Pada penelitian ini, reaktor plasma dialiri listrik dengan tegangan 5 kV dengan arus AC. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa reaktor plasma tipe basah dapat menyisihkan kandungan CO pada asap rokok dengan efisiensi tertinggi sebesar 55%.

Dari penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki perbedaan dengan penelitian-penelitian sebelumnya dalam hal : jenis reaktor, jenis arus listrik yang digunakan dan besar tegangan listrik yang digunakan. Jenis reaktor yang digunakan pada penelitian sebelumnya adalah jenis titik bidang dan reaktor plasma tipe basah, sedangkan pada penelitian ini menggunakan jenis *Dielectric Barrier Discharges (DBD)*. Selanjutnya, jenis arus listrik yang digunakan pada penelitian-penelitian sebelumnya adalah arus AC dengan tegangan listrik sebesar 1-8 kV dan 5 kV, sedangkan pada penelitian ini menggunakan arus DC dengan tegangan listrik 1 kV; 1,5 kV dan 2 kV. Hasil penelitian-penelitian sebelumnya memiliki

efisiensi tertinggi sebesar 58% dan 55%, hal ini menunjukkan bahwa penelitian ini memiliki efisiensi yang lebih tinggi yaitu sebesar 94,8%.

KESIMPULAN

1. Konsentrasi CO yang terdapat pada asap rokok filter dan cerutu tanpa menggunakan teknologi plasma yaitu mencapai 2755 mg/m³ dan 4804 mg/m³ dengan total massa CO sebesar 3,19 mg dan 29 mg.
2. Konsentrasi CO yang terdapat pada asap rokok filter dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma sangat bervariasi yaitu mencapai 1248 mg/m³, 855 mg/m³ dan 999 mg/m³ dengan massa total CO sebesar 1,34 mg; 0,88 mg dan 1,47 mg. Sedangkan konsentrasi CO yang terdapat pada asap rokok cerutu dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma sangat bervariasi yaitu mencapai 540 mg/m³, 274 mg/m³ dan 729 mg/m³ dengan massa total CO sebesar 3,2 mg; 1,5 mg dan 4,3 mg.
3. Efisiensi penyisihan emisi CO pada asap rokok filter dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma adalah sebesar 58%; 72,4% dan 53,9%. Sedangkan efisiensi penyisihan emisi CO pada asap rokok cerutu dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma adalah sebesar 88,9%; 94,8% dan 85,2%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja atas peminjaman *gas analyzer* serta pihak Laboratorium Atom dan Nuklir Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro selaku tempat pelaksanaan penelitian dan pihak Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro atas dukungannya.

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing

DAFTAR PUSTAKA

- Chang, Raymond. 2003. *Kimia Dasar:Konsep-konsep Inti*. Erlangga: Jakarta
- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius : Bogor
- Istadi, I et al. 2014. *Electro-Catalysis Siystem for Biodiesel Synthesis from Palm Oil Over Dielectric-Barrier Discharge Plasma Reactor*. Jurnal Departement of Chemical Engineering Diponegoro University. Indonesia
- Kinoshita, Katsuhiko et al. 1997. *Control of Tobacco Smoke and Odors Using Discharge Plasma Reactor*. Jurnal Departement of Ecological Engineering Toyohashi Univ of Thechnology. Japan
- Kogelschatz, U. 2000. *Fundamentals and Application of Dielectric Barrier Discharges*. Jurnal ABB Corporate Research. Switzerland.
- Marcilla, A et al. 2012. *Comparative Study of The Main Characteristics and Composition of The Mainstream Smoke of Ten Cigarette Brands Sold in Spain*. Jurnal Dpto Ingenieria Quimica Universidad de Alicante. Spain
- Nur, Muhammad. 2011. *Fisika Plasma*. Jurusan Fisika MIPA Undip. Semarang
- Pinus, Raden. 2010. *Stop Merokok di Tempat Umum dan di Depan Anak-anak*. Tersedia : <http://edukasi.kompasiana.com/2010/04/17/stop-merokok-di-tempat-umum-dan-depan-anak-anak-120587.html> [20 Agustus 2014]
- Prasetya, Destario Yan dkk. 2011. *Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Untuk Proses Reduksi Asap Rokok Menggunakan Inverter Frekuensi Tinggi*. Jurnal Jurusan Teknik Elektro Jurnal.Universitas Diponegoro. Semarang

*) Mahasiswa

**) Dosen Pembimbing