

# STUDI PENYISIHAN EMISI NITROGEN OKSIDA (NO<sub>x</sub>) PADA ASAP ROKOK FILTER DAN KRETEK DENGAN VARIASI TEGANGAN LISTRIK MENGGUNAKAN TEKNOLOGI PLASMA

Sariyang Yogi Alfarobi\*), Haryono Setiyo Huboyo\*\*), Zaenul Muhlisin\*\*)

## ABSTRACT

There are many toxic elements of tobacco smoke, one of which is a nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>). This study aims to determine the effect of elimination of cigarette smoke before and after using a plasma reactor and perform calculations on the efficiency of each power supply voltage variations.

The study was conducted by research such as determining variables and do the research procedures. The independent variables used are variations of the electric voltage of 1 kV; 1.5 kV; and 2 kV was tested for cigarette filter types and clove cigarettes. For the independent variable is the concentration of nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) in cigarette smoke. For the control variables of the gas flow rate 2,2L / min and the amount of cigarettes that are used in each test are 2 . The procedure research which is conducted by cigarette burning on the inlet and suck the smoke using the handpump and running it into the gas reservoir tube to homogenized, after it flowed into the reactor and measured plasma concentrations of NO<sub>x</sub> gases contained in cigarette smoke using a gas analyzer.

The results showed that plasma technology can lower the NO<sub>x</sub> concentration. With the best results obtained when using a power supply voltage of 1,5 kV at each of the various types of cigarettes.

*Keywords : Air Pollution, Tobacco Smoke, Plasma Technology, Nitrogen Oxide*

## PENDAHULUAN

Semakin majunya dunia dan perkembangan manusia yang terjadi didalamnya semakin mendorong perubahan keadaan terhadap lingkungan, dewasa ini kualitas lingkungan pun semakin mengkhawatirkan disebabkan karena semakin memburuknya keadaan dan ketidak sanggupannya lingkungan untuk menopang kehidupan baik bagi manusia maupun makhluk hidup lainnya.

Salah satu penurunan kualitas lingkungan yang memprihatinkan yaitu penurunan kualitas udara, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya zat pencemar yang dibuang ke udara. Penurunan kualitas udara ini pun semakin tidak dapat terbendung dikarenakan oleh banyaknya masalah pencemaran udara dan terlalu sedikitnya solusi penanganannya.

Pencemaran udara yang cukup banyak terjadi dapat muncul dari berbagai sumber sebagai contoh, pencemaran udara

yang berasal dari kegiatan manusia yaitu transportasi, perindustrian, kegiatan rumah tangga, pembakaran barang, dan lain sebagainya. Selain itu pencemaran udara pun juga dapat terjadi secara alamiah/disebabkan oleh alam, beberapa contohnya seperti kebakaran hutan, kebocoran gas beracun dalam tanah, gunung meletus dan lain sebagainya (Soedomo, 2001).

Semua hal tersebut dapat mempengaruhi kehidupan manusia, dapat membawa efek negatif terhadap kesehatan, hal tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan yang menyerang melalui sistem pernapasan dan apabila keadaan semakin memburuk dan tidak tertangani maka dapat menyebabkan kematian bagi manusia. Selain manusia efek negatif dari pencemaran udara juga dapat menyerang makhluk hidup lainnya seperti binatang dan tanaman.

Penurunan kualitas udara yang disebabkan oleh pencemaran terkadang terjadi dalam skala dan lingkup yang kecil, yaitu kegiatan merokok, walaupun kegiatan

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

merokok merupakan penurunan kualitas udara yang berskala kecil tetapi efek negatifnya dapat memberikan kematian bagi orang yang ada disekitarnya. Kegiatan merokok ini dapat menyebabkan gangguan kesehatan baik kepada perokok maupun kepada orang disekitarnya yang tidak merokok.

Asap rokok mengandung lebih dari 4.000 bahan kimia, termasuk zat yang sering dijumpai dalam kandungan polusi udara yang berbahaya, zat yang terdapat dalam sampah berbahaya, lebih dari 50 jenis zat penyebab kanker dan lebih dari 100 bahan kimia beracun lainnya. Beberapa zat yang telah familiar dengan kita diantaranya karbonmonoksida (menurunkan kadar oksigen), nikotin (penyebab kecanduan dan bisa menurunkan kerja otot hati), dan tar (campuran beragam zat-zat beracun). Bahkan, *Environmental Protection Agency* Amerika menggolongkan rokok sebagai karsinogen kelas A, disejajarkan dengan asbestos, arsenik, benzene, dan radon (Haris, 2012).

Banyak unsur beracun dari asap rokok, salah satunya adalah gas nitrogen oksida (NOx). Oksida nitrogen seperti NO dan NO<sub>2</sub> berbahaya bagi manusia. Penelitian menunjukkan bahwa NO<sub>2</sub> empat kali lebih beracun daripada NO. Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Diudara ambient yang normal, NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO<sub>2</sub> yang bersifat racun. NO<sub>2</sub> bersifat racun terutama terhadap paru. Kadar NO<sub>2</sub> yang lebih tinggi dari 100 ppm dapat mematikan sebagian besar binatang percobaan dan 90% dari kematian tersebut disebabkan oleh gejala pembengkakan paru (edema pulmonari). Kadar NO<sub>2</sub> sebesar 800 ppm akan mengakibatkan 100% kematian pada binatang-binatang yang diuji dalam waktu 29 menit atau kurang. Pemajanan NO<sub>2</sub> dengan kadar 5 ppm selama 10 menit terhadap manusia mengakibatkan kesulitan dalam bernafas (Fardiaz, 1992). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini berupa data yang memuat informasi tentang konsentrasi NOx pada asap rokok filter dan

kretek sebelum menggunakan plasma, konsentrasi NOx pada asap rokok filter dan kretek dari setiap variasi tegangan listrik yang digunakan, dan menganalisis efisiensi penyisihan pada asap rokok filter dan kretek dari setiap variasi tegangan listrik.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

Hal pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menentukan variabel yang akan digunakan, dalam penelitian ini terdapat 3 jenis variabel yaitu, 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 kretek. Variabel terikat: konsentrasi nitrogen oksida (NOx). Lalu 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.

Percobaan dimulai saat dua buah rokok diletakan pada 2 lubang inlet, setelah itu rokok dibakar menggunakan korek dan dihisap asapnya menggunakan hand pump agar asapnya dapat mengalir kedalam tabung pengumpul gas. Ketika gas masuk dalam tabung pengumpul gas, gas akan diaduk/dihomogenkan oleh kipas kecil yang ada didalam penampung gas. Selanjutnya asap akan mengalir kedalam reaktor plasma menggunakan daya hisap *gas analyzer* yang diletakan pada bagian output reaktor plasma, *gas analyzer* selanjutnya akan mendeteksi konsentrasi NOx pada asap rokok dan menampilkannya dilayar *display* dalam satuan mg/m<sup>3</sup>. Percobaan dilakukan dengan menggunakan berbagai variasi tegangan listrik, yaitu 1 kV; 1,5 kV dan 2 kV dengan prosedur penelitian yang sama. Setiap variasi tegangan listrik dilakukan dengan pengulangan sebanyak 1 kali.

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

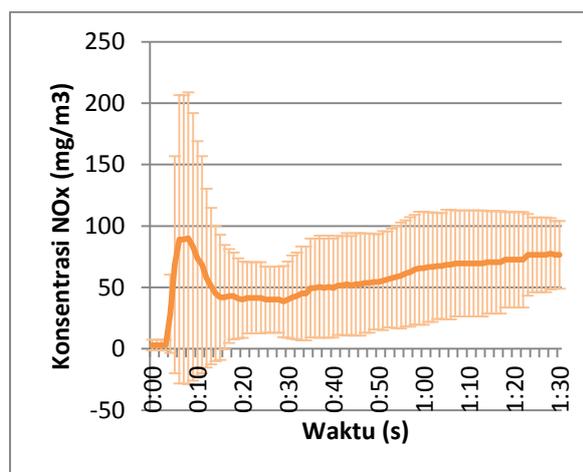
## ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma

Pada tahap awal dalam pengukuran konsentrasi nitrogen oksida, dilakukan pengukuran konsentrasi asap rokok dengan dilewatkan pada reaktor plasma. Pengukuran dilakukan terhadap dua jenis rokok, yaitu rokok filter dan rokok kretek.

#### Rokok Filter

Pengujian rokok filter dilakukan dengan menggunakan dua batang rokok filter Gudang Garam dimana jumlah rokok yang digunakan merupakan variabel kontrol yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Dua batang rokok filter membutuhkan waktu selama 1,5 menit atau 90 detik untuk habis terbakar. Pengukuran dilakukan dengan dua kali pengulangan agar mendapat dua variasi data hasil pengukuran konsentrasi NO<sub>x</sub> tanpa menggunakan plasma. Selanjutnya konsentrasi NO<sub>x</sub> akan diukur menggunakan *gas analyzer*, dimana probe dari *gas analyzer* dimasukan dibagian *outlet* reaktor plasma. Setelah dilakukan dua kali pengulangan dan didapat hasil pengukuran, selanjutnya kedua data hasil pengukuran Konsentrasi NO<sub>x</sub> dicari rata-ratanya. Hasil dari pengukuran kedua data dan rata-rata dari konsentrasi NO<sub>x</sub> dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1**  
**Grafik Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok Filter Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma**

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa konsentrasi NO<sub>x</sub> pada asap rokok filter mengalami peningkatan pada detik awal rokok dibakar, hal ini disebabkan oleh pemompaan asap rokok kedalam reaktor plasma yang cukup cepat sehingga mendesak asap yang masuk kedalam alat bergerak keluar dengan cepat. Lalu pada detik-detik selanjutnya konsentrasi NO<sub>x</sub> terus mengalami peningkatan hal ini menunjukkan tingginya konsentrasi NO<sub>x</sub> yang dapat dicapai oleh asap rokok filter ketika tidak menggunakan teknologi plasma. percobaan pertama didapatkan nilai konsentrasi tertinggi sebesar 57 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk percobaan kedua mencapai angka konsentrasi tertinggi sebesar 174 mg/m<sup>3</sup>. Hasil dari rata-rata kedua percobaan menunjukkan hasil terbesar 76,5 mg/m<sup>3</sup>. Perbedaan data hasil pengukuran pertama dan pengukuran kedua dapat ditunjukkan oleh standar deviasi, besarnya Standar deviasi disebabkan karena perbedaan kondisi dalam pengambilan data. Perbedaan kondisi ini meliputi suhu, kelembaban, serta keberadaan gas dan partikel di dalam reaktor yang tidak dapat dikontrol untuk sama 100% pada setiap pengambilan data. Selain itu, suhu dan kelembaban pada reaktor bergantung pada kondisi lingkungan tempat dan waktu pengambilan data dilakukan. Hingga akhir pengukuran konsentrasi NO<sub>x</sub> terus meningkat, hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan volume antara tabung penampung gas dengan reaktor plasma yang menyebabkan penumpukan asap rokok di tabung penampung dan menyebabkan peningkatan konsentrasi NO<sub>x</sub>, perbedaan volume antara penampung gas dan reaktor plasma adalah 1,17 L dan 0,06 L. Pembentukan senyawa NO<sub>x</sub> pada asap rokok disebabkan oleh reaksi pembakaran yang terjadi, dimana senyawa diatomik N<sub>2</sub> yang sebagian besar terdapat di udara bebas akan ikut terbakar dalam rokok, senyawa tersebut akan bereaksi dengan oksigen yang merupakan gas penting dalam reaksi pembakaran, lalu hasil dari reaksi antara N<sub>2</sub> dan oksigen ini membentuk senyawa NO (nitrogen monoksida) dan NO<sub>2</sub> (nitrogen

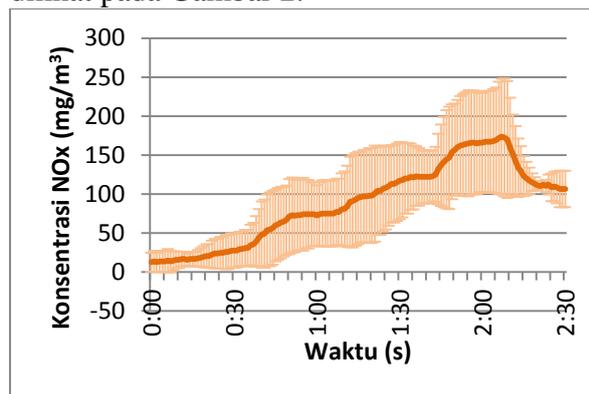
\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

dioksida) yang mana keduanya merupakan senyawa nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>).

### **Rokok Kretek**

Pengukuran rokok kretek dilakukan dengan membakar dua batang rokok merk Dji Sam Soe, rokok kretek membutuhkan waktu selama 2 menit 30 detik untuk habis terbakar. Pengukuran rokok kretek ini dilakukan dengan dua kali pengulangan agar didapatkan dua variasi data pengukuran konsentrasi NO<sub>x</sub> sebelum menggunakan plasma. Selanjutnya konsentrasi NO<sub>x</sub> akan diukur menggunakan *gas analyzer*, dimana probe dari *gas analyzer* dimasukan dibagian *outlet* reaktor plasma. Setelah dilakukan dua kali pengulangan dan didapat hasil pengukuran, selanjutnya kedua data hasil pengukuran Konsentrasi NO<sub>x</sub> dicari rata-ratanya. Hasil dari pengukuran kedua data dan rata-rata dari konsentrasi NO<sub>x</sub> dapat dilihat pada Gambar 2.



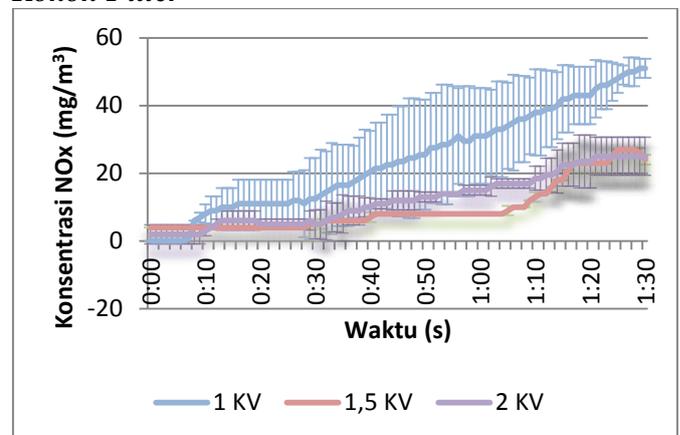
**Gambar 2**

### **Grafik Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok Kretek Tanpa Menggunakan Teknologi Plasma**

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa konsentrasi NO<sub>x</sub> pada asap rokok kretek terus meningkat dari awal rokok dibakar, hal ini menunjukkan tingginya konsentrasi NO<sub>x</sub> yang dapat dicapai oleh asap rokok kretek ketika tidak menggunakan teknologi plasma. Hasil pengukuran konsentrasi NO<sub>x</sub> pada percobaan pertama mencapai angka konsentrasi tertinggi sebesar 123 mg/m<sup>3</sup>, untuk percobaan kedua mencapai angka konsentrasi tertinggi sebesar 226 mg/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran kedua percobaan setelah dirata-rata mencapai angka konsentrasi tertinggi sebesar 173,5 mg/m<sup>3</sup>. Perbedaan

data hasil pengukuran pertama dan pengukuran kedua dapat ditunjukkan oleh standar deviasi, pada gambar tersebut baik data pengukuran pertama dan kedua terjadi perbedaan yang sangat signifikan, hal ini disebabkan oleh keadaan saat pengukuran pertama dan kedua yang berbeda keadaan, baik dalam tekanan, suhu, kelembaban. Pada perbedaan kedua pengukuran tersebut terjadi mulai dari detik awal pengukuran, perbedaan konsentrasi semakin meningkat hingga melewati 2 menit, lalu konsentrasi di kedua perboaan menjadi tidak terlalu signifikan setelah mendekati akhir dari pengukuran.

### **Rokok Filter**



**Gambar 3**

### **Grafik Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok Filter dengan Menggunakan Teknologi Plasma pada Tegangan Listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV**

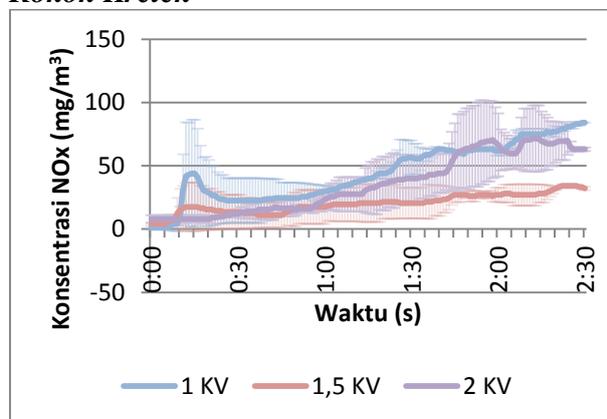
Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran konsentrasi pada masing-masing variasi tegangan berbeda-beda, hal ini membuktikan bahwa adanya pengaruh yang dihasilkan oleh tegangan listrik pada konsentrasi NO<sub>x</sub>. Baik saat 1 kV; 1,5 kV; dan 2kV terdapat perbedaan konsentrasi NO<sub>x</sub>, pada tegangan listrik 1 kV didapatkan nilai konsentrasi NO<sub>x</sub> terbesar pada angka 51 mg/m<sup>3</sup>, untuk 1,5 kV didapatkan angka konsentrasi tertinggi sebesar 27 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk 2 kV didapatkan angka konsentrasi 25 mg/m<sup>3</sup>. Efisiensi penyisihan NO<sub>x</sub> pada 1 kV kurang optimal disebabkan oleh energi listrik yang terlalu kecil sehingga tidak dapat memecah ikatan gas NO<sub>x</sub> dengan baik, sedangkan tegangan listrik 1,5 kV lebih

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

optimal dalam menyisihkan NO<sub>x</sub> karena memiliki cukup energi untuk memecah ikatan NO<sub>x</sub> sehingga penggunaan 1,5 kV lebih tinggi hasilnya, pada 2 kV terjadi penurunan efisiensi penyisihan NO<sub>x</sub> hal ini disebabkan oleh terlalu besarnya tegangan listrik yang diberikan kepada reaktor plasma hal ini kemudian menyebabkan terjadinya panas pada elektroda dan berakibat pada penurunan kinerja plasma (Nur, 2009). Perbedaan-perbedaan ini terjadi karena adanya perbedaan kondisi yang meliputi suhu, kelembaban, serta keberadaan gas dan partikel di dalam reaktor yang tidak dapat dikontrol untuk sama 100% pada setiap pengambilan data. Selain itu, suhu dan kelembaban pada reaktor bergantung pada kondisi lingkungan tempat dan waktu pengambilan data dilakukan. Fluktuasi data konsentrasi NO<sub>x</sub> pada setiap variasi tegangan listrik disebabkan oleh plasma yang bersifat probabilistik, yaitu memiliki banyak kemungkinan. Hal ini disebabkan karena kondisi plasma di atmosfer yang dipengaruhi oleh banyaknya partikel-partikel di udara yang tidak tetap. Sejak awal percobaan hingga mendekati akhir dari setiap variasi tegangan listrik konsentrasi gas NO<sub>x</sub> terus meningkat hal ini disebabkan oleh penumpukan asap rokok yang terjadi di tabung penampung gas, seperti yang dibahas pada subbab sebelumnya dimana beda volume antar tabung penampung dengan reaktor plasma adalah 1,17 L dan 0,06 L.

#### Rokok Kretek



**Gambar 4**  
**Grafik Konsentrasi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok Kretek dengan Menggunakan**

#### Teknologi Plasma pada Tegangan Listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV

Dari Gambar 4.4 berdasarkan hasil yang didapat dapat dilihat pada gambar bahwa tegangan listrik yang diberikan oleh plasma dapat mempengaruhi konsentrasi NO<sub>x</sub> yang terdapat didalam asap rokok kretek. Pada tegangan listrik 1 kV didapatkan nilai konsentrasi NO<sub>x</sub> terbesar pada angka 84 mg/m<sup>3</sup>, untuk 1,5 kV didapatkan angka konsentrasi tertinggi sebesar 34 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan untuk 2 kV didapatkan angka konsentrasi 71,5 mg/m<sup>3</sup>. Efisiensi penyisihan NO<sub>x</sub> pada 1 kV kurang optimal disebabkan oleh energi listrik yang terlalu kecil sehingga tidak dapat memecah ikatan gas NO<sub>x</sub>, sedangkan tegangan listrik 1,5 kV lebih optimal dalam menyisihkan NO<sub>x</sub> karena memiliki cukup energi untuk memecah ikatan NO<sub>x</sub> sehingga penggunaan 1,5 kV lebih tinggi hasilnya, pada 2 kV terjadi penurunan efisiensi penyisihan NO<sub>x</sub> hal ini disebabkan oleh terlalu besarnya tegangan listrik yang diberikan kepada reaktor plasma hal ini kemudian menyebabkan terjadinya panas pada elektroda dan berakibat pada penurunan kinerja plasma. Hasil yang didapat terpengaruh oleh berbagai sebab, dimana sebab-sebab tersebut telah dijelaskan pada subbab sebelumnya. Sejak awal percobaan hingga mendekati akhir dari setiap variasi tegangan listrik konsentrasi gas NO<sub>x</sub> terus meningkat hal ini disebabkan oleh penumpukan asap rokok yang terjadi di tabung penampung gas, seperti yang dibahas pada subbab sebelumnya dimana beda volume antar tabung penampung dengan reaktor plasma adalah 0,6 L dan ± 0,04 L.

#### Efisiensi Penyisihan Emisi NO<sub>x</sub> pada Asap Rokok dengan Menggunakan Teknologi Plasma

Penyisihan konsentrasi terjadi didalam reaktor plasma dapat diketahui dengan cara pengolahan data yang didapat melalui *gas analyzer*, dari data tersebut kemudian dilakukan penghitungan untuk mengetahui NO<sub>x</sub> yang tersisihkan dan persentase efisiensi masing-masing variasi.

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

Melalui perhitungan konsentrasi NOx pada detik pertama didapatkan bahwa volume asap rokok kretek yang diterima oleh gas analyzer pada detik ke-1 sebesar 0,00004 m<sup>3</sup>.

$$M = C \times V$$

$$M = 4 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \times 0,00004 \text{ m}^3$$

$$M = 0,00016 \text{ mg}$$

Maka, massa NOx yang dihasilkan oleh asap rokok filter tanpa menggunakan teknologi plasma ( M<sub>0</sub>) pada detik ke-1 sebesar 0,00016 mg. Menggunakan cara perhitungan yang sama, massa NOx yang dihasilkan oleh asap rokok kretek dengan menggunakan teknologi plasma pada tegangan 1 kV (M<sub>t</sub>) adalah 0,00008 mg.

$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)} = \frac{M_0 - M_t}{M_0} \times 100$$

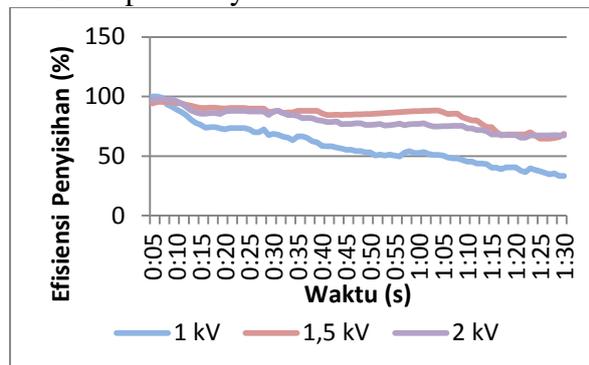
$$\text{Efisiensi Penyisihan (\%)} = \frac{0,00016 - 0,00008}{0,00016} \times 100$$

$$\text{Efisiensi Penyisihan} = 50 \%$$

Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa efisiensi penyisihan emisi NOx pada asap rokok kretek dengan menggunakan teknologi plasma pada tegangan 1 KV pada detik ke -1 adalah 50%.

#### Efisiensi Per Detik

Setelah didapatkan hasil perhitungan data konsentrasi NOx maka dapat diperoleh data efisiensi penyisihan NOx pada asap rokok tiap detiknya.

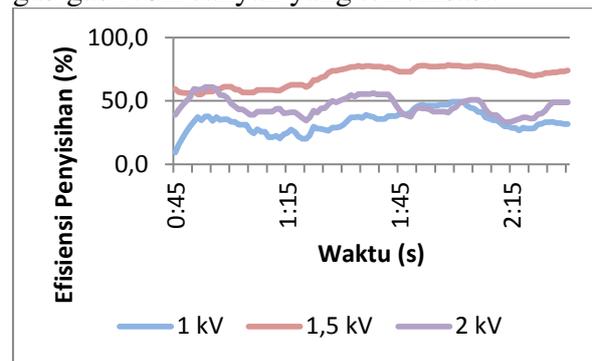


Gambar 5

#### Grafik Efisiensi Penyisihan Emisi NOx Tiap Detik pada Asap Rokok Filter

Seperti yang terlihat pada gambar 5 penyisihan NOx pada asap rokok filter mulai bekerja secara efektif pada detik ke-5.

Fluktuasi efisiensi penyisihan dipengaruhi oleh fluktuasi data konsentrasi NOx yang disebabkan oleh hal-hal yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Pada tegangan listrik 1 kV, asap rokok yang masuk dalam reaktor plasma tidak terlalu banyak terpengaruh, hal ini dikarenakan oleh kecilnya pengaruh elektron dalam memecah ikatan kimia gas-gas NOx menjadi ion. Setelah tegangan listrik dinaikan menjadi 1,5 kV maka terjadi peningkatan kemampuan pemecahan gas-gas NOx, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya elektron didalam reaktor plasma yang menyebabkan partikel gas terionisasi. Apabila tegangan tegangan terus dinaikkan menjadi 2 kV maka selanjutnya terjadi tumbukan antara ion yang berenergi tinggi keadaan ini sama halnya dengan keadaan 1,5 kV, yaitu keadaan saat gas-gas NOx banyak yang terionisasi.



Gambar 6

#### Grafik Efisiensi Penyisihan Emisi NOx Tiap Detik pada Asap Rokok Kretek

Seperti yang terlihat pada gambar 6 penyisihan NOx pada asap rokok filter mulai bekerja secara efektif pada detik ke-45. Fluktuasi efisiensi penyisihan dipengaruhi oleh fluktuasi data konsentrasi NOx yang disebabkan oleh hal-hal yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya. Pada tegangan listrik 1 kV, asap rokok yang masuk dalam reaktor plasma tidak terlalu banyak terpengaruh, hal ini dikarenakan oleh kecilnya pengaruh elektron dalam memecah ikatan kimia gas-gas NOx menjadi ion. Setelah tegangan listrik dinaikan menjadi 1,5 kV maka terjadi peningkatan kemampuan pemecahan gas-gas NOx, hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya elektron didalam reaktor plasma yang menyebabkan partikel

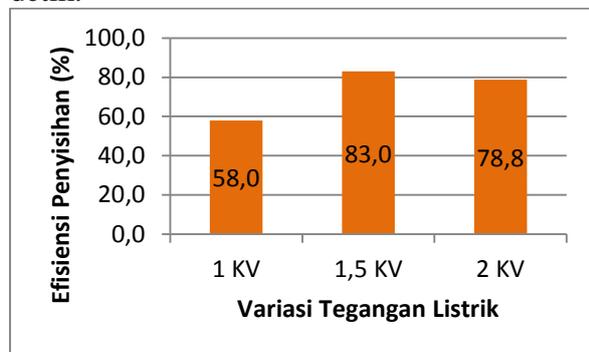
\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

gas terionisasi. Apabila tegangan tegangan terus dinaikkan menjadi 2 kV maka selanjutnya terjadi tumbukan antara ion yang berenergi tinggi dalam keadaan ini efisiensi penyisihan NOx mengalami penurunan, hal ini disebabkan oleh tingginya tegangan yang diberikan sehingga menyebabkan timbulnya panas pada katoda.

### Efisiensi Total

Massa NOx dapat diketahui dengan menggunakan cara perhitungan sebelumnya, data yang dihitung adalah data efisiensi penyisihan NOx pada asap rokok filter. Dari data tersebut akan didapatkan efisiensi total yaitu efisiensi penyisihan NOx selama waktu pengambilan data, dimana pengambilan data pada asap rokok filter dilakukan selama 90 detik.

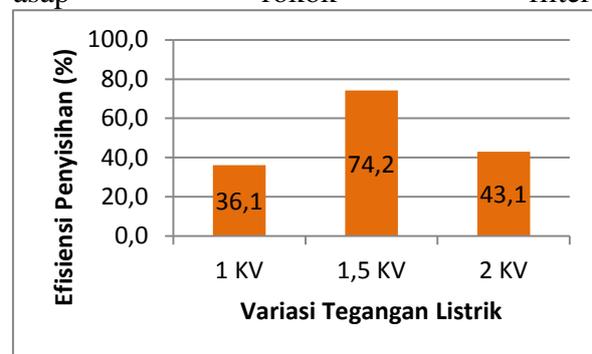


**Gambar 7**

### Grafik Efisiensi Total Penyisihan Emisi NOx pada Asap Rokok Filter

Pada tegangan listrik rendah yaitu 1 kV, elektron tidak banyak memberikan pengaruh pada gas, hal ini disebabkan karena rendahnya energi yang dimiliki elektron untuk menyebabkan terjadinya ionisasi. Dengan tegangan listrik sebesar 1,5 kV terjadi peningkatan efisiensi penyisihan terhadap NOx pada asap rokok filter jika dibandingkan dengan tegangan yang 1 kV, hal ini disebabkan oleh tingginya energi elektron dalam reaktor plasma untuk dapat mengionisasi gas-gas NOx, dengan terionisasinya gas-gas NOx maka penyisihan NOx menjadi lebih tinggi. Dengan menaikkan tegangan listrik menjadi 2 kV efisiensi penyisihan mengalami penurunan dibandingkan dengan tegangan listrik 1,5. Pada keadaan ini energi yang dimiliki elektron cukup kuat untuk melangsungkan proses ionisasi tetapi tidak seoptimal

tegangan 1,5 kV, hal ini disebabkan oleh 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. Berkurangnya proses lucutan ini yang menyebabkan efisiensi penyisihan NOx pada tegangan listrik 2 kV lebih rendah jika dibandingkan dengan pada tegangan listrik 1,5 kV. Dari grafik dapat dilihat bahwa tegangan listrik 1,5 kV merupakan tegangan listrik yang paling efisien dalam penyisihan emisi NOx pada asap rokok filter.



**Gambar 8**

### Grafik Efisiensi Total Penyisihan Emisi NOx pada Asap Rokok Kretek

Pada gambar 8 dapat dilihat bahwa tegangan 1,5 kV memiliki efisiensi yang optimal untuk mengurangi konsentrasi NOx pada rokok kretek. Penjelasan mengenai penyebab adanya perbedaan efisiensi disebabkan oleh tegangan listrik sama seperti yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya.

### PENUTUP

#### Kesimpulan

1. Konsentrasi NOx yang terdapat pada asap rokok filter tanpa menggunakan teknologi plasma mencapai konsentrasi sebesar 76,5 mg/m<sup>3</sup> dan untuk rokok kretek adalah sebesar 106,5 mg/m<sup>3</sup>
2. Konsentrasi NOx yang terdapat pada asap rokok filter dengan menggunakan teknologi plasma mencapai 51 mg/m<sup>3</sup> untuk tegangan listrik 1 kV, 24 mg/m<sup>3</sup> untuk tegangan listrik 1,5 kV dan 25 mg/m<sup>3</sup> untuk tegangan listrik 2 kV.

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing

Sedangkan konsentrasi NO<sub>x</sub> yang terdapat pada asap rokok kretek dengan menggunakan teknologi plasma mencapai 84 mg/m<sup>3</sup> untuk 1 kV, 32 mg/m<sup>3</sup> untuk 1,5 kV dan 63 mg/m<sup>3</sup> untuk 2 kV.

3. Efisiensi penyisihan emisi NO<sub>x</sub> pada asap rokok filter dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma adalah sebesar 58%; 83% dan 78,8%. Sedangkan efisiensi penyisihan emisi NO<sub>x</sub> pada asap rokok kretek dengan variasi tegangan listrik 1 kV, 1,5 kV dan 2 kV menggunakan teknologi plasma adalah sebesar 46,4%; 78,4% dan 52,2%.

### **Ucapan terima kasih**

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Balai Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Laboratorium Atom dan Nuklir FSM Universitas Diponegoro dan Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro sebagai pihak-pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fardiaz, Srikandi. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius : Bogor
- Nur, Muhammad. 2009. Air Purifier and Cleaner. *Makalah Kuliah*. Jurusan Fisika MIPA Undip. Semarang
- Haris, Aila. 2012. *Asap Rokok sebagai Bahan Pencemar dalam Ruang*. Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. Jakarta
- Soedomo, Moestikahadi. 2001. *Pencemaran Udara (Kumpulan Karya Ilmiah)*. Penerbit IT: Bandung

\*) Mahasiswa

\*\*) Dosen Pembimbing