

## Pembangkitan Plasma Lucutan Pijar Korona menggunakan Sumber Tegangan Tinggi DC

Pandji Triadyaksa, Anggoro Eko Setiawan, Ari Sugiarto SL, Umar Hanafi, Muhammad Nur  
 Divisi Center for Plasma Research, Pusat Studi Aplikasi Radiasi dan Rekayasa Bahan  
 Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro

**Abstrak-** Pembangkitan Plasma Lucutan Pijar Korona telah dilakukan dengan menggunakan sumber tegangan tinggi DC. Tegangan tinggi DC dihasilkan dari rangkaian elektronik sederhana bercahaya daya 12V DC dengan pembangkitan sinyal pulsa melalui IC 555 timer guna menimbulkan flux listrik pada flyback sebagai pelipat tegangan untuk menghasilkan tegangan maksimal 13kV. Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan pada ruang antar elektroda kawat-silinder yang berisi udara bebas pada tekanan atmosfer. Karakteristik plasma lucutan pijar korona dilakukan dengan melalui analisa V-I pada jarak antar elektroda 10 mm. Daerah plasma terukur pada penelitian ini diperoleh antara tegangan 7,35kV-7,6kV dengan arus terukur sebesar 30µA-80µA. Secara visual, pada penelitian ini plasma lucutan pijar korona teramati melalui timbulnya pijaran berwarna ungu pada elektroda kawat.

### 1. Pendahuluan

Sejak ditemukannya lampu listrik oleh Thomas Alva Edison pada tahun 1883 hingga pembangunan pembangkit listrik tenaga nuklir pada era millenium, perkembangan teknologi ketenagalistrikan terus menunjukkan peran yang sangat besar dan nyata dalam mengubah sejarah peradaban manusia. Pemanfaatan tenaga listrik berkembang dengan sangat pesat seiring terus timbulnya rasa keingintahuan manusia pada setiap fenomena kelistrikan yang mereka temukan. Salah satu fenomena kelistrikan yang hangat dikaji pada abad ke dua puluh dan menunjukkan aplikasi yang luas adalah perkembangan teknologi plasma.

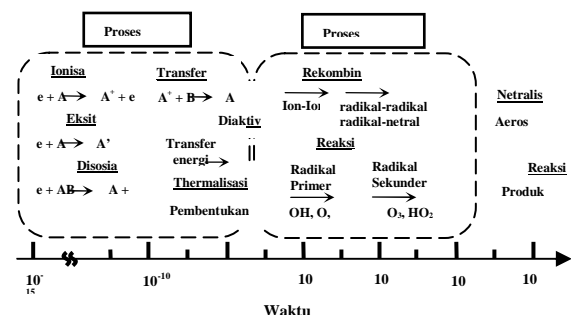
Plasma merupakan kondisi ketika gas terisi oleh partikel bermuatan dengan energi potensial antar partikelnya lebih kecil dibandingkan dengan energi kinetik partikel-partikel yang terdapat dalam gas tersebut [1]. Keuntungan dari kondisi plasma adalah pemanfaatannya dalam bidang industri seperti pelapisan logam dan semikonduktor, penerangan, proses pemotongan logam, sterilisasi, sistem keamanan, proses fusi hingga pelestarian lingkungan.

Salah satu cara pembangkitan plasma dapat dilakukan melalui lucutan listrik [ 2-3]. Plasma yang terbentuk dalam lucutan listrik dikenal

dengan plasma lucutan pijar korona [4-5]. Pada penelitian ini dilakukan proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona melalui sumber tegangan tinggi DC pada tekanan atmosfer. Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan pada ruang antar elektroda kawat-silinder yang berisi udara bebas. Analisa pembentukan plasma dilakukan melalui karakteristik tegangan-arus (V-I) guna memperoleh daerah optimal pembangkitan plasma. Hasil dari penelitian ini dapat di aplikasikan pada bidang pelestarian lingkungan dimana lucutan korona pada tekanan atmosfer digunakan dalam pembentukan radikal bebas guna pembersihan udara [6].

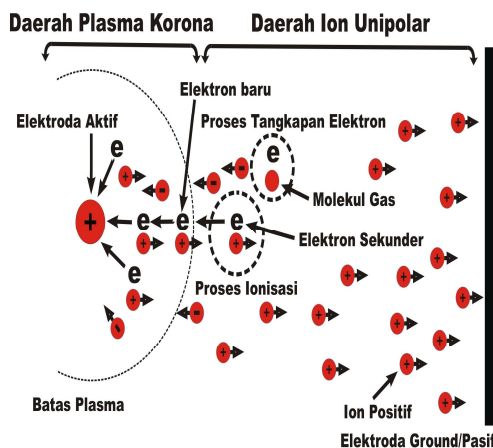
### 2. Dasar teori

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik [7]. Ketika medan listrik di kenakan pada gas, elektron energetik akan mentransferkan energinya pada gas molekul melalui proses tumbukan, eksitasi molekul, tangkapan elektron, disosiasi, dan ionisasi seperti tampak pada gambar 1. Plasma terjadi ketika terbentuk percampuran kuasinetral dari elektron, radikal, ion positif dan negatif [8]. Kondisi kuasinetral merupakan daerah dimana terdapat kerapatan ion ( $n_i$ ) yang hampir sama dengan kerapatan elektron ( $n_e$ ) sehingga dapat dikatakan  $n_i \approx n_e \approx n$ , dengan  $n$  menyatakan kerapatan secara umum yang disebut kerapatan plasma [9].



**Gambar 1.** Proses elementer pada plasma Non-thermik dalam skala waktu [10]

Korona merupakan proses pembangkitan arus di dalam fluida netral diantara dua elektroda bertegangan tinggi dengan mengionisasi fluida tersebut sehingga membentuk plasma di sekitar salah satu elektroda dan menggunakan ion yang dihasilkan dalam proses tersebut sebagai pembawa muatan menuju elektroda lainnya seperti tampak pada gambar 2. [11]. Proses terjadinya lucutan pijar korona dalam medan listrik diawali dengan lucutan *townsend* kemudian diikuti oleh lucutan pijar (*glow discharge*) atau korona (*corona discharge*) dan berakhir dengan lucutan *arc* [12]. Lucutan korona dibangkitkan menggunakan pasangan elektroda tak simetris yang akan membangkitkan lucutan di dalam daerah dengan medan listrik tinggi di sekitar elektroda yang memiliki bentuk geometri lebih runcing dibanding elektroda lainnya [13]. Elektroda dimana disekitarnya terjadi proses ionisasi disebut elektroda aktif [14].

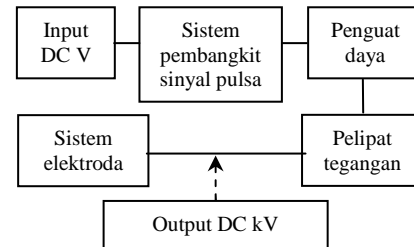


**Gambar 2.** Proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda [11].

### 3. Metode penelitian

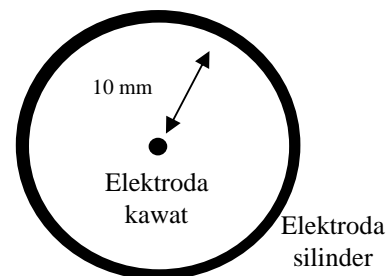
Pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada penelitian ini memanfaatkan sumber tegangan DC dengan skema peralatan pembangkit tegangan tinggi tampak seperti pada gambar 3. Masukan tegangan yang digunakan menggunakan catu daya DC 12V. Untuk dapat menimbulkan flux listrik pada flyback maka digunakan IC 555 sebagai pembangkit sinyal pulsa. Penguatan daya dalam peralatan ini menggunakan transistor NPN. Sedangkan flyback yang digunakan dalam menaikkan tegangan pada penelitian ini

adalah flyback TV 21 inch dengan karakteristik kerja pada frekuensi 60-70 kHz dan *duty cycle* 50-55%. Tegangan keluaran yang dihasilkan memiliki tegangan maksimal DC 13 kV.



**Gambar 3.** Skema pembangkitan plasma lucutan pijar korona menggunakan sumber tegangan tinggi DC

Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini merupakan elektroda kawat-silinder dengan jarak antar elektroda 10 mm seperti tampak pada gambar 4., dan panjang penampang lintang 200 mm. Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan pada ruang antar elektroda yang berisi udara bebas pada tekanan atmosfer. Pada proses pembangkitan plasma, elektroda kawat dihubungkan dengan polaritas positif sumber tegangan sedangkan elektroda silinder ditanahkan.



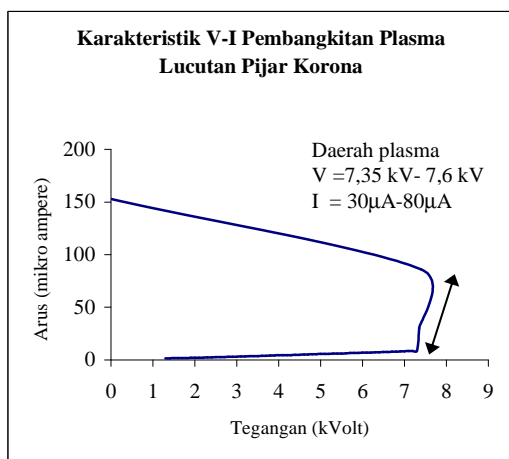
**Gambar 4.** Tampak samping sistem elektroda kawat-silinder

Proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada penelitian ini dianalisa melalui karakteristik tegangan-arus (V-I). Secara visual plasma lucutan pijar korona teramati melalui kenaikan arus secara signifikan disertai penampakan pijaran berwarna ungu dari elektroda aktif [15].

### 4. Hasil dan Diskusi

Pemberian tegangan tinggi DC pada sistem elektroda kawat-silinder menunjukkan terbentuknya plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda yang terisi udara bebas pada tekanan atmosfer. Analisa karakteristik

V-I yang dilakukan seperti pada gambar 5. menunjukkan bahwa pada pemberian awal tegangan terjadi kenaikan arus hingga  $30 \mu\text{A}$  untuk pemberian tegangan  $0 \text{ kV}$ - $7,35 \text{ kV}$ . Timbulnya arus pada ruang antar elektroda mula-mula disebabkan oleh terjadinya pergerakan spesies gas bermuatan yang dipercepat menuju elektroda dengan sifat muatan yang berbeda oleh adanya medan listrik tak seragam. Hal ini menimbulkan tumbukan-tumbukan antar spesies gas yang memacu terjadinya proses eksitasi, deeksitasi, ionisasi, rekombinasi. Proses-proses tersebut menimbulkan adanya elektron bebas yang bergerak menuju elektroda dan terbaca sebagai arus. Proses ini dikenal sebagai proses lucutan townsend.



**Gambar 5.** Grafik karakteristik V-I pembangkitan plasma lucutan pijar korona

Peningkatan tegangan tinggi yang diberikan pada sistem elektroda menunjukkan terjadinya peningkatan arus yang tinggi yakni  $30 \mu\text{A}$ - $80 \mu\text{A}$  pada rentang tegangan yang mulai  $7,35 \text{ kV}$ - $7,6 \text{ kV}$ . Kenaikan arus ini secara visual disertai dengan munculnya pijaran berwarna ungu dari elektroda kawat seperti tampak pada gambar 6. Kondisi ini dikenal sebagai kondisi plasma lucutan pijar korona. Kenaikan arus secara signifikan menunjukkan terjadinya peningkatan densitas elektron dan pembentukan ion-ion pada ruang antar elektroda. Peningkatan ini disebabkan oleh semakin mudahnya proses eksitasi, deeksitasi, ionisasi, rekombinasi untuk terjadi. Ketika densitas elektron dan ion memiliki harga yang relatif sama maka terbentuklah plasma. Plasma yang terbentuk tergolong *non-uniform* plasma karena kesamaan densitas elektron dan ion terjadi tidak diseluruh ruang

antar elektroda dan hanya terpusat di elektroda aktif [11]. Daerah di luar plasma pada ruang antar elektroda merupakan daerah aliran muatan yang pada gambar 6. tampak sebagai daerah dengan tingkat kecerahan warna ungu yang memudar.



**Gambar 6.** Plasma lucutan pijar korona pada sistem elektroda kawat-silinder

Pemberian tegangan diatas  $7,6 \text{ kV}$  membuat seluruh ruang antar elektroda telah memiliki karakteristik sebagai penghantar listrik sehingga mengakibatkan terjadinya *breakdown electric* yang ditandai penurunan tegangan dan kenaikan arus secara drastis seperti tampak pada gambar 7. proses ini secara visual tampak melalui adanya kilatan yang menghubungkan kedua elektroda dan dikenal dengan lucutan *arc*.



**Gambar 7.** Lucutan *arc* pada sistem elektroda kawat-silinder.

## 5. Kesimpulan

Penelitian yang telah dilakukan memberikan kesimpulan sebagai berikut.

1. Plasma lucutan pijar korona mampu dibangkitkan pada sistem elektroda kawat-silinder yang berisi udara bebas pada tekanan atmosfer.
2. Plasma lucutan pijar korona dibangkitkan pada tegangan 7,35 kV-7,6 kV dengan arus terukur 30 $\mu$ A-80 $\mu$ A.
3. lucutan townsend dan lucutan arc yang merupakan rangkaian dari proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona teramati pada penelitian ini.

## Referensi

- [1] Nicholson, D.R. 1983, *Introduction to Plasma Theory*, John Wiley & Sons
- [2] Czech, T., Mizeraczyk, J., Jaworek, A., Krupa, A., Karpinski, L., and Jakubowski, J., 1995, *Pulsed and DC Streamer Corona Induced Plasmas for NO<sub>x</sub> Removal From Exhaust Gases*, 2<sup>nd</sup> National Symposium PLASMA, Warsawa
- [3] Sigmond, R.S., 1982, *Simple Approximation Treatment of Unipolar Space-charge-dominated Coronas : The Warburg Law and The Saturation Current*, J. Appl. Phys., Vol 53
- [4] Champman, B., 1990, *Glow Discharge Processes*, John Willey & Sons, New York
- [5] Chang, J.S., 1991, *Corona Discharge Processes*, IEEE Transaction on Plasma Science Vol. 19
- [6] Shimizu, K., Kinoshita, K., Yanagihara, K., Rajanikanth, B.S., Katsura, S., and Mizuno A., 1997, *Pulsed-Plasma Treatment of Polluted Gas Using Wet-/Low-Temperature Corona Reactors*, IEEE Transaction on Industry Applications, Vol 33
- [7] Tarenbaum, S.B., 1967, *Plasma Physics*, McGraw-Hill
- [8] Tseng, C.H., 1999, *The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification*, The Air & Wasre Management association's 92<sup>nd</sup> Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA
- [9] Francis, F.C., 1974, *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, New York
- [10] Kim,H.H.Prieto, G., Takashima, K., Katsura, S., Mizuno, A., 2002, *Performance Evaluation of Discharge Plasma for Gaseous Pollutant Removal*, Journal of Electrostatic Elsevier Vol. 55
- [11] Chen, J., and Davidson, J.H., 2002, *Electron Density and Energy Distributions in the Positive DC Corona : Interpretation for Corona-Enhanced Chemical Reactions*, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 22
- [12] Raizer, Y.P., 1997, *Gas Discharge Physics*, Springer-Verlag, Berlin
- [13] Veldhuizen, E.M. van, and Rutgers, W.R., 2002, *Corona Discharges : Fundamental and Diagnostics*, Journal Physics D: Appl. Phys., Vol 35
- [14] Spyrou, N., Peruos, R., and Hield, B., 1994, *New Result on a Point-to-Plane DC Plasma Reactor in Low-Pressure Dried Air*, Journal Phys. D: Appl. Phys., Vol. 27
- [15] Akses, A., 2003, *Electromagnetic Characteristics of High Voltage DC Corona*, 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Istanbul,Turkey