

Fenomena lucutan plasma dengan jarum suntik sebagai elektroda aktif pada kondisi atmosfer

Irfan Handoko dan Zaenul Muhlisin

Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

Email : irfanhandoko92@st.fisika.undip.ac.id

ABSTRACT

An observation of the plasma discharge phenomenon has been observed in the atmospheric conditions with a syringe as an active electrode. This study aims to obtain the characteristics of plasma generation and discharge from plasma generated. The method used in this experiment uses a plasma reactor with a dot-zone configuration given DC voltage (HV DC). Syringes are treated as point electrodes and aluminum plates as field electrodes mounted perpendicularly. The distance between the electrodes varied 2, 4, 6 and 8 mm, the syringes used in the experiment had a length of 4 cm with a diameter of 0.6 mm. The results obtained show that the distance between electrode effect on the magnitude of the voltage to achieve arc discharges. At the smallest distance 2 mm arc discharge occurs after a given voltage exceeds 250 Volts, while the largest distance of 8 mm exceeds 1000 Volts. The visible shape when the syringe is given positive or negative polarity from a purple incandescent light source at the needle tip with a measured current of 35-150 μA . After reaching the arc measurable current measured 1-4 mA, on the positive polarity of the discharge in the form of flashes of lightning connecting the distance between the electrodes and the increase of flash currents are also more and more, while when given the negative polarity of arc discharge in the form of flash of lightning but with increasing arc discharge current look like Mini sun. This happens because the temperature at the time of the syringe is treated as a larger cathode because the ion particles that strike the cathode are very radical to erode syringes such as NO^+ , O^+ , N^+ and are highly reactive.

Keywords: arc discharge, point to plane reactor, syringe, point electrode, mini sun.

ABSTRAK

Telah dilakukan pengamatan fenomena lucutan plasma pada kondisi atmosfer dengan jarum suntik sebagai elektroda aktif. Penelitian ini bertujuan mendapatkan karakteristik pembangkitan plasma dan wujud lucutan dari plasma yang dibangkitkan. Metode yang digunakan dalam percobaan ini menggunakan reaktor plasma dengan konfigurasi titik-bidang yang diberi tegangan DC (HV DC). Jarum suntik diperlakukan sebagai elektroda titik dan plat aluminium sebagai elektroda bidang yang di pasang tegak lurus. Jarak antar elektroda divariasasi 2, 4, 6 dan 8 mm, jarum suntik yang digunakan dalam percobaan memiliki panjang 4 cm dengan diameter 0,6 mm. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jarak antar elektroda berpengaruh pada besarnya tegangan untuk mencapai lucutan arc. Pada jarak terkecil 2 mm lucutan arc terjadi setelah tegangan yang diberikan melebihi 250 Volt, sedangkan jarak terbesar 8 mm melebihi 1000 Volt. Wujud yang terlihat ketika jarum suntik diberi polaritas positif atau negatif dari sumber tegangan berbentuk pijaran berwarna ungu pada ujung jarum dengan arus yang terukur 35-150 μA . Setelah mencapai lucutan arc arus terukur 1-4 mA, pada polaritas positif lucutan berbentuk kilatan petir yang menghubungkan jarak antar elektroda dan seiring bertambahnya arus kilatan juga semakin banyak, sedangkan ketika diberi polaritas negatif lucutan arc berwujud kilatan petir namun seiring bertambahnya arus lucutan arc nampak seperti matahari mini. Hal ini terjadi karena suhu pada saat jarum suntik diperlakukan sebagai katoda lebih besar karena partikel-partikel ion yang menumbuk katoda sangat radikal untuk mengikis jarum suntik seperti NO^+ , O^+ , N^+ dan bersifat sangat reaktif.

Kata Kunci : Lucutan Arc, reaktor titik-bidang, jarum suntik, elektroda aktif, matahari mini

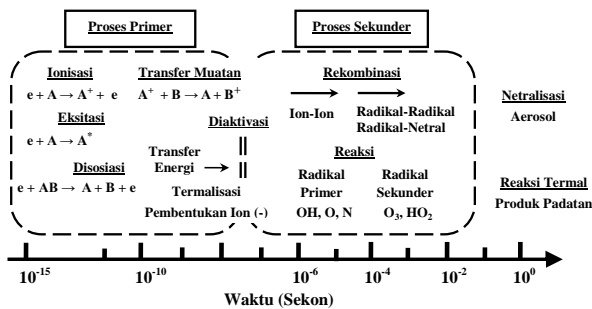
PENDAHULUAN

Plasma adalah gas yang terionisasi, keadaan materi keempat yang berbeda. "Terionisasi" berarti bahwa paling tidak satu elektron tidak terikat ke atom atau molekul,

konversi atom atau molekul menjadi ion – ion bermuatan positif. Seiring dengan peningkatan suhu mengubah materi di urutan: padat, cair, gas, dan akhirnya plasma, yang membenarkan judul "keadaan materi keempat". Ditinjau dari temperaturnya, plasma dapat diklasifikasikan

menjadi tiga, yaitu: plasma dingin, plasma termik, plasma panas [1].

Ketika medan listrik dikenakan 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 [2]. 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 [3].



Gambar 1. Proses elementer pada plasma Non-thermik dalam skala waktu [4]

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 [5]. 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 [6]. 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 [7]. Elektroda dimana disekitarnya terjadi proses ionisasi disebut elektroda aktif [8].

Lucutan *arc* secara visualisasi tampak adanya aliran arus yang menghubungkan elektroda titik-bidang, dimana katoda akan semakin panas yang disebabkan tumbukan berenergi tinggi akibat tegangan terus di naikkan dan proses ini menjadi dominan untuk memproduksi elektron yang menyebabkan proses ionisasi dan rekombinasi juga semakin banyak. Dalam kondisi ini tegangan lucutan menjadi menurun dan arus listrik meningkat. Lucutan *arc* tidak memerlukan lagi penambahan tegangan untuk mendukung lucutan, karena pada katoda akan terpancar elektron-elektron sekunder terus-menerus yang disebabkan proses thermionik. [9].



Gambar 2. Lucutan *arc* pada sistem elektroda kawat-silinder [9]

Jarum suntik digunakan sebagai alat untuk menginfus zat cair kepada pasien. Jarum suntik terdiri dari beberapa bagian yang berupa jarum hipodermik, spuit dan penghubungnya. Jarum hipodermik adalah jarum yang secara umum digunakan dengan alat suntik untuk menyuntikkan suatu zat ke dalam tubuh [10].



Gambar 3. Alat suntik 10 cc di sebelah kiri, jarum hipodermik beserta penghubungnya (konektor) yang berwarna ungu di kanan [10]

Jarum hipodermik sendiri di buat dengan bahan baja anti karat atau biasa disebut *stainless steel*. Baja tahan karat adalah paduan besi dengan minimal 12% *Chromium*. Jadi tanpa tambahan apapun perpaduan Besi dengan 12% *Chromium* bisa disebut *stainless steel*[11].

Jarum suntik merupakan limbah medis yang berasal dari rumah sakit atau Puskesmas yang termasuk dalam kategori Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang berasal dari hasil upaya sarana kesehatan [12]. Jarum suntik merupakan limbah infeksius yang merupakan limbah yang dapat menjadi sumber penyebaran penyakit baik kepada petugas, pasien, pengunjung ataupun masyarakat di sekitar lingkungan rumah sakit. Jarum suntik yang telah dipakai biasanya terdapat penyakit yang ada pada tubuh pasien baik itu penyakit menular seperti hepatitis, diare, campak, AIDS, dan influenza [13].

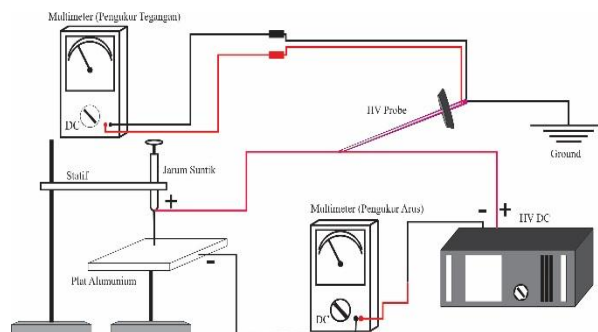
Penelitian ini mengamati fenomena lucutan plasma yang dibangkitkan menggunakan reaktor plasma berkonfigurasi titik-bidang, dengan jarum suntik difungsikan sebagai elektroda titik. Pada penelitian ini, dikaji tentang karakteristik pembangkitan plasma dan wujud lucutan dari plasma yang dibangkitkan.

METODE PENELITIAN

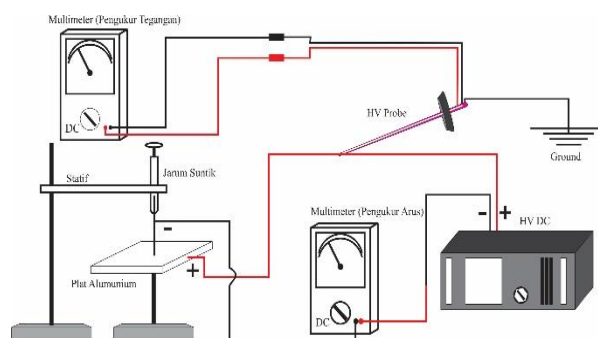
Penelitian tentang pengamatan fenomena lucutan plasma yang akan dilakukan secara keseluruhan meliputi 3 tahap. Tahap pertama yaitu perakitan pembangkit lucutan plasma, karakterisasi, dan analisis data. Tahapan pada karakterisasi pada penelitian ini meliputi arus dan tegangan. Data pengamatan yang didapat yaitu: karakteristik pembangkitan plasma dan wujud dari plasma yang dibangkitkan.

Elektroda titik yang digunakan jarum suntik tipe 23G dengan panjang jarum hipodermik 4 cm berdiameter 0,6 mm dan elektroda bidang yang digunakan pada percobaan ini adalah elektroda bidang berupa pelat aluminium dengan panjang tiap sisi 15 cm dengan tebal 3 mm. Posisi kedua elektroda tersebut saling tegak lurus. Elektroda titik berperan sebagai anoda dan elektroda bidang sebagai katoda, yang nantinya akan didapat data dan analisis, dapat dilihat pada Gambar 4. Kemudian kutub dari sumber tegangan di balik sehingga elektroda titik berperan sebagai katoda dan elektroda bidang sebagai anoda, yang nantinya akan didapat data dan analisis, dapat

dilihat pada Gambar 5. Setelah mendapatkan 2 data dari perbedaan rangkaian, akan dilihat perbedaan dan dapat dianalisis data tersebut.



Gambar 4. Skema rangkaian alat penelitian jarum suntik sebagai anoda



Gambar 5. Skema rangkaian alat penelitian jarum suntik sebagai katoda

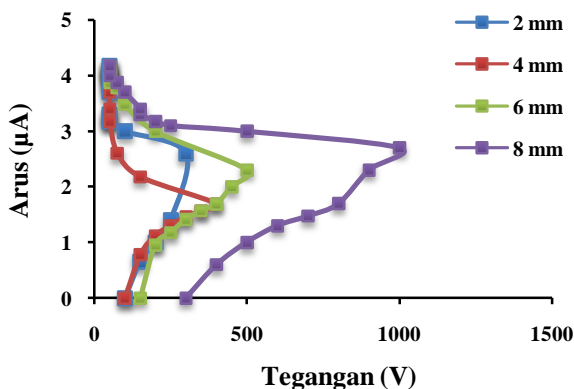
Karakterisasi arus dan tegangan dilakukan dengan menaikkan tegangan secara bertahap yang nantinya akan mendapat arus maksimal dari sumber tegangan yang digunakan. Pengukuran nilai arus dan tegangan menggunakan multimeter analog. Karakterisasi ini dilakukan dengan memberi perubahan jarak antar elektroda. Variasi jarak antar elektroda yaitu 2, 4, 6 dan 8 mm. Setelah pemberian tegangan pengamatan dimulai untuk melihat arus dan tegangan saat terjadi plasma korona setelah mencapai fase *arc* tegangan akan menurun dan arus akan meningkat. Pemberian tegangan terus dinaikan sampai mencapai batas dari sumber tegangan yang digunakan dengan ditandai putusanya sekering. Data arus dan tegangan yang diperoleh kemudian dibuat grafik hubungan arus (I) sebagai fungsi tegangan (V). Selain itu didapat data pengamatan wujud

lucutan seiring bertambahnya tegangan yang diberikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemberian tegangan tinggi DC pada sistem elektroda titik-bidang menunjukkan terbentuknya plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda yang terisi udara bebas pada tekanan atmosfer hingga memasuki fase lucutan *arc*. Hasil pengukuran arus sebagai fungsi tegangan dengan jarum suntik sebagai anoda dapat dilihat pada grafik yang ditampilkan oleh Gambar 6. Dengan variasi jarak antar elektroda 2, 4, 6 dan 8 mm.

Arus listrik mulai mengalir pada tegangan 100-300 V kemudian arus meningkat berbanding lurus dengan tegangan, sampai dengan tegangan tertentu untuk setiap jarak elektroda berbeda hingga terjadi peningkatan arus yang sangat drastis dan tegangan menurun, inilah fase lucutan *arc* terjadi. Tegangan untuk mencapai fase lucutan *arc* pada masing-masing jarak antar elektroda berbeda. Pada jarak terkecil 2 mm tegangan yang dibutuhkan untuk mencapai fase lucutan *arc* 250 volt, sedangkan pada jarak terbesar 8 mm dibutuhkan 1000 volt.



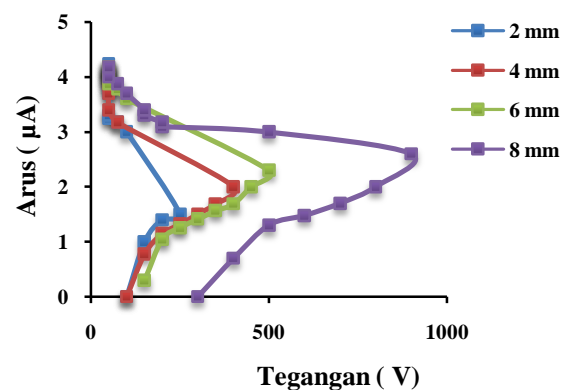
Gambar 6. Grafik karakteristik arus sebagai fungsi tegangan dengan jarum suntik sebagai anoda

Dalam percobaan ini fenomena yang terjadi saat mencapai fase lucutan korona terlihat ada pijaran berwarna ungu pada ujung jarum suntik yang merupakan elektroda aktif, arus

yang terukur 35-150 µA. Kemudian tegangan terus dinaikan hingga mencapai fase lucutan *arc*, pada fase ini wujud dari lucutan berbentuk kilatan petir berwarna ungu yang menghubungkan jarak antar elektroda, arus yang terukur 1-4 mA. Seiring bertambahnya arus, kilatan yang terjadi juga semakin banyak yang secara visualisasi dapat dilihat pada gambar 7. Arus maksimal yang terukur 15 mA karena saat dinaikan lagi sekering pada sumber tegangan HV DC putus. Wujud yang berbentuk seperti kilatan petir merupakan aliran arus yang menghubungkan kedua elektroda.



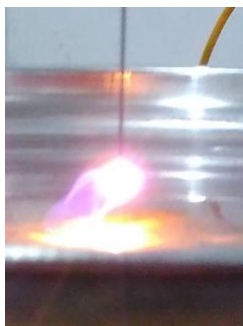
Gambar 7. Fenomena saat jarum suntik diberi tegangan DC HV yang diberi polarisasi positif



Gambar 8. Grafik karakteristik arus sebagai fungsi tegangan dengan jarum suntik sebagai katoda

Medan listrik pada percobaan jarum suntik sebagai anoda saat mencapai fase *arc* pada arus maksimal lebih besar karena seluruh titik bidang memancarkan muatan listrik lebih

banyak yang membuat kamera tidak bisa berfungsi dengan baik saat berdekatan dengan titik bidang. Lucutan *arc* terjadi karena beda potensial yang diberikan oleh sumber tegangan yang akan menimbulkan medan listrik antara elektroda. Medan listrik tersebut menjadikan elektron bergerak semakin cepat menuju katoda. Pergerakan elektron menuju katoda pada kondisi atmosfer membuat elektron menumbuk atom-atom di udara bebas. Setiap tumbukan antara elektron dan atom mengakibatkan sebagian energi elektron berpindah pada atom. Energi tersebut kemudian menjadikan elektron pada atom tereksitasi. Elektron bebas yang tereksitasi akan mengalir sebagai arus. Tegangan terus dinaikkan maka anoda akan semakin panas yang disebabkan tumbukan ion berenergi tinggi dan proses ini menjadi dominan untuk memproduksi elektron. Dalam hal ini tegangan lucutan menjadi menurun dan arus listrik meningkat. Lucutan *arc* tidak memerlukan lagi penambahan tegangan untuk mendukung lucutan, karena pada katoda akan terpancar elektron-elektron sekunder terus-menerus yang disebabkan proses thermionik.



Gambar 9. Fenomena saat jarum suntik diberi tegangan DC HV yang diberi polarisasi negatif.

Perlakuan elektroda sebagai polarisasi positif dari sumber tegangan hanya menghasilkan bertambahnya lucutan *arc* yang terjadi. Hal ini terjadi karena pada jarum yang diperlakukan sebagai anoda ion positif bergerak menuju titik bidang yang membuat ujung jarum suntik tidak mengalami peningkatan suhu, yang terjadi hanya jumlah lucutan yang semakin banyak. Pada elektroda jarum yang diperlakukan

sebagai katoda suhu ujung jarum lebih besar karena partikel-partikel ion yang menumbuk katoda sangat radikal, seperti NO^+ , O^+ , N^+ dan bersifat sangat reaktif [14], sehingga pada ujung jarum suntik terlihat seperti matahari mini yang dapat dilihat pada Gambar 9.

KESIMPULAN

Hubungan antara arus dan tegangan pada pembangkitan lucutan plasma pada rangkaian mengikuti persamaan ($I \sim V^2$) sampai keadaan dadal sebelum mengalami transisi menjadi lucutan *arc*. Ketika mencapai fase *arc* tegangan menjadi turun diikuti kenaikan arus yang dikarenakan jarak antar elektroda yang tadinya isolator menjadi penghantar listrik. Variasi jarak antar elektroda pada masing-masing perlakuan jarum suntik berpengaruh pada besarnya tegangan yang dibutuhkan untuk membuat lucutan *arc*. Semakin besar jarak antar elektroda maka tegangan untuk mencapai lucutan *arc* juga semakin besar. Dengan hasil yang didapat arus mulai mengalir pada tegangan 100-300 Volt, arus pada fase korona terukur 35-150 μA dan saat mencapai fase lucutan *arc* arus terukur 1-4mA. Arus maksimal yang terukur setelah mencapai lucutan *arc* 15mA. Partikel-partikel ion yang menumbuk ujung jarum yang diperlakukan sebagai katoda saat mencapai lucutan *arc* lebih reaktif yang ditandai dengan kenaikan suhu yang sangat tinggi seiring bertambahnya arus hingga menyerupai matahari mini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis utama mengucapkan terima kasih kepada Pak Zaenul Muhlisin selaku dosen pembimbing yang selalu membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian tugas akhir ini. Penulis juga berterimakasih kepada Mbak Ika dan Pak Fajar yang sudah membantu penulis dalam melakukan penelitiannya serta *Center for Plasma Research* yang telah memfasilitasi penulis selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nur, M. (2011) *Fisika Plasma dan Aplikasinya*, Universitas Diponegoro, Semarang
- [2] Tseng, C.H. (1999) *The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification*, The Air & Waste Management Association's 92nd Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA
- [3] Francis, F.C. (1974) *Introduction to Plasma Physics*, Plenum Press, New York
- [4] Kim, H.H., Prieto, G., Takashima, K., Katsura, S., dan Mizuno, A. (2002) *Performance Evaluation of Discharge Plasma for Gaseous Pollutant Removal*, Journal of Electrostatic Elsevier Vol. 55.
- [5] Chen, J., dan 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.
- [6] Raizer, Y.P. (1997) *Gas Discharge Physics*, Springer-Verlag, Berlin
- [7] Veldhuizen, E.M. van, and Rutgers, W.R. (2002) *Corona Discharges: Fundamental and Diagnostics*, Journal Physics D: Appl. Phys., Vol 35.
- [8] 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.
- [9] Triadyaksa, P., Setiawan, A.E., Sugiarto, A., Hanafi, U. dan Nur, M. (2005) *Pembangkitan Plasma Lucutan Pijar Korona menggunakan Sumber Tegangan Tinggi DC*, Divisi Center for Plasma Research, Pusat Studi Aplikasi Radiasi dan Rekayasa Bahan Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro, Semarang
- [10] Siekman dan Philip (2001) *Becton Dickinson Takes a Plunge With Safer Needles*, Fortune, September,
- [11] Charles, J., (1991). *Super Duplex Stainless Steel: Structure and Properties. in 2nd. Duplex Stainless Steels*. Abington: Cambridge England.
- [12] Pristiyanto, D. (2000) *Limbah Rumah Sakit Mengandung Bahan Beracun Berbahaya*.
- [13] Arifin, M. (2008) *Pengaruh Limbah Rumah Sakit Terhadap Kesehatan*, FKUI.
- [14] Fridman, A. dan Kennedy, L. A. (2004) *Plasma Physics Engineering*, New York: Taylor and Francis.