

## ANALISIS FENOMENA ELEKTROHIDRODINAMIK PADA PERMUKAAN MINYAK SILIKON MENGGUNAKAN PLASMA LUCUTAN PIJAR KORONA POSITIF

*Sri Rahayu, Much Azam, Panji Triadyaksa, Muhamad Nur*  
Jurusan Fisika FMIPA UNDIP, Semarang

### Abstract

*The aim of this research is analysis electrohydrodynamic phenomenon deformation of oil silicon surface by technology of positive corona glow discharge plasma which generated by plasma generator system with point-to-plane electrodes geometry configuration. Variation of voltage and distance between electrodes had been treated to surface of silicon oil. Electrohydrodynamic phenomenon deformation in this research is caused by polarization and ion wind. Ionic wind would be happened if applied voltage over the corona threshold that was 2.6 kV. Graph current of saturation corona unipolar for variation voltage, being formed semi-parabolic equation while the variation of distance between electrodes, being formed linear equation. The hole diameter at variation voltage was influenced by electric field intensity and momen dipole strength. The hole diameter at variation of distance between electrode was influenced by parabolic angle of electric line field. The oil velocity for back to initial position is different. Velocity would be go down if the voltage progressively go up and velocity would be go up if the distance between electrode progressively go up.*

### Intisari

*Telah dilakukan analisis fenomena Elektrohodinamik dengan menggunakan plasma lucutan pijar korona positif yang dibangkitkan oleh sistem pembangkit plasma berkonfigurasi elektroda titik-bidang pada minyak silikon. Perlakuan yang diberikan pada permukaan minyak silikon dilakukan dengan membuat variasi tegangan dan jarak antar elektroda. Fenomena EHD disebabkan karena adanya polarisasi dan angin ion. Angin ion terjadi apabila tegangan ambang korona telah dicapai yaitu setelah tegangan awal dinaikkan menjadi 2.6 kV. Grafik arus saturasi unipolar korona dari variasi tegangan menghasilkan persamaan setengah parabola sedangkan dari variasi jarak antar elektroda menghasilkan persamaan linier. Pada variasi tegangan, perubahan diameter lubang disebabkan oleh kuat medan listrik dan kuat momen dipol induksi sedangkan pada variasi jarak antar elektroda, perubahan diameter lubang disebabkan oleh perubahan sudut parabola dari garis-garis medan. Pada saat medan diputus, untuk tegangan yang semakin besar, kecepatan menutupnya lubang akan semakin lambat sedangkan untuk jarak antar elektroda yang semakin tinggi, kecepatan menutup lubang semakin cepat.*

## PENDAHULUAN

### Elektrohodinamik

Elektrohodinamik (EHD) dengan menggunakan lucutan gas merupakan bidang yang telah menarik perhatian banyak peneliti. Bidang EHD dapat diaplikasikan untuk pembuatan pompa dan kipas tanpa memerlukan penggerak apapun seperti pendorong, hembusan atau klep namun pergerakan tersebut disebabkan karena adanya pergerakan muatan listrik dari elektroda yang mengikuti arah medan listrik yang terbentuk sehingga fluida yang ada

diantara elektroda tersebut ikut bergerak. Sebelum diaplikasikan ke dunia industri, peneliti pertama Stuetzen pada tahun 1959 melakukan teori dan eksperimen yang menjelaskan konduksi ion pada kutub tunggal (unipolar) sehingga menghasilkan tekanan. Tekanan tersebut berasal dari angin ion yang timbul pada kutub tunggal. Pickard (1963) melakukan peninjauan pada pompa dengan menggunakan prinsip pergerakan ion yang dilakukan secara teoritis dan eksperimental [1].

Penelitian yang mendukung teori EHD dengan menggunakan lucutan gas dilakukan oleh beberapa peneliti antara lain, Lee dkk (1996) melakukan eksperimen pada beberapa polimer cair yang dipengaruhi oleh plasma lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik bidang [2]. Ohyama tahun 2003 melakukan eksperimental pokok dengan membuat visualisasi aliran dari suatu cairan (liquid) yang dipengaruhi oleh lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik bidang. Kawamoto dan Umezu (2005) juga melakukan eksperimen tentang fenomena EHD pada air menggunakan plasma lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik bidang [1]. Berdasar pada penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti, penelitian dengan sistem pembangkit plasma yang sama dilakukan dengan menggunakan minyak silikon. Penelitian ini difokuskan pada penyebab terjadinya pergerakan minyak silikon dan pengaruh pemutusan medan terhadap minyak silikon, sehingga penelitian yang dilakukan dapat bermanfaat serta mampu melengkapi kajian dan analisis fenomena EHD dengan menggunakan sistem pembangkit plasma lucutan pijar korona (positif).

## DASAR TEORI

### Elektrodinamik

Elektrodinamik biasa disingkat dengan EHD merupakan studi fenomena medan listrik dan hubungannya terhadap media dielektrik, sehingga terbentuk dipol listrik, dan medium yang mengandung muatan listrik ini bergerak seperti gerak fluida [3]. Elektrodinamik berhubungan dengan gerakan fluida yang dipengaruhi oleh medan listrik. Dasar fisis dari Elektrodinamik yaitu adanya perubahan bentuk atau deformasi dari suatu permukaan cairan (*liquid surface*) yang dipengaruhi oleh medan listrik [4]

### Plasma

Konsep tentang plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmuir dan Tonks pada tahun 1928. Mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik [5].

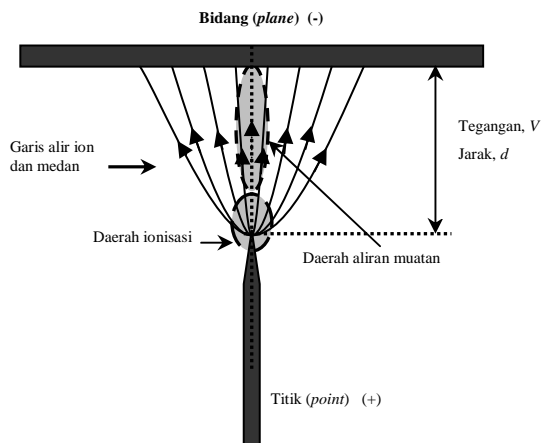
Lucutan pijar korona merupakan suatu fenomena kelistrikan yang terjadi pada medium gas karena pengaruh medan listrik yang cukup tinggi. Plasma lucutan pijar korona dapat dihasilkan dengan menggunakan sepasang elektroda titik-bidang yang diberi tegangan tinggi (dalam orde kV).

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



Gambar 1. Proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda [8].

Pada gambar 2.8 ditunjukkan daerah dalam lucutan pijar korona antara dua elektroda dengan konfigurasi geometri hiperboloid-bidang yang merupakan pendekatan terhadap geometri titik-bidang



**Gambar 2.** Ilustrasi daerah antara dua elektroda pada lucutan korona titik bidang [9]

Menurut Sigmond (1982), ion-ion yang mengalir melalui daerah aliran muatan (*drift region*) akan menghasilkan arus yang dinamakan arus saturasi *unipolar* korona. Persamaan arus saturasi unipolar korona titik-bidang

$$I_s \approx \frac{2\mu\epsilon_0 V^2}{h} \quad (1)$$

dengan  $I_s$  menyatakan arus saturasi *unipolar* korona,  $V$  menyatakan tegangan korona,  $\mu$  menyatakan mobilitas ion unipolar,  $\epsilon_0$  menyatakan permitivitas ruang hampa,  $h$  menyatakan jarak antar elektroda.

Distribusi medan listrik yang dihasilkan memiliki bentuk [10]

$$E = \frac{2V}{(r + 2x - \frac{x^2}{h}) \ln(1 + \frac{2h}{r})} \quad (2)$$

dengan  $V$ ,  $x$ ,  $r$  dan  $h$  masing-masing menyatakan beda tegangan, jarak dari ujung elektroda titik, jejari ujung elektroda titik dan jarak antara kedua elektroda.

Bila suatu tegangan korona diterapkan pada pasangan elektroda jarum-bidang untuk menghasilkan korona positif, elektron-elektron pada elektroda bidang akan mengalir menuju elektroda titik melewati ruang di antara kedua elektroda tersebut. Pada lintasannya, elektron-elektron tersebut akan menumbuk partikel-partikel

udara yang berada diantara pada ruang antara dua elektroda tersebut, sehingga partikel-partikel udara mengalami proses ionisasi.

**Ionisasi**

Ionisasi didefinisikan sebagai proses terlepasnya elektron suatu atom atau molekul dari ikatannya. Energi yang dibutuhkan untuk melepas satu atau lebih elektron dari orbitnya pada sebuah atom atau molekul dapat didefinisikan sebagai energi ionisasi  $E_i$ . Besarnya energi ionisasi dinyatakan dalam satuan elektron-volt (eV) (Krane,1992).

Dalam keadaan stabil ionisasi dapat terjadi apabila energi elektron yang menumbuk lebih besar atau sama dengan energi ionisasi atom atau molekul tertumbuk, dapat ditulis dalam persamaan [11]

$$\frac{1}{2} m_e v_e^2 \geq eV^i \quad (3)$$

(2.20)

dengan  $m_e$  menyatakan massa elektron,  $v_e$  menyatakan kecepatan electron,  $e$  menyatakan muatan elektron,  $V^i$  menyatakan potensial ionisasi atom atau molekul

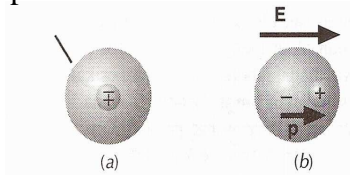
**Dipol Listrik**

Dipol listrik dapat diartikan sebagai sistem dua titik muatan yang sama banyaknya tetapi berlawanan tandanya, yang satu positif dan yang satunya lagi negatif.

**Molekul Nonpolar**

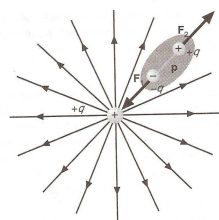
Pada molekul nonpolar adanya medan listrik luar, pusat muatan positif tidak berimpit dengan pusat muatan negatifnya. Medan listrik melakukan suatu gaya pada inti yang bermuatan positif yang arahnya searah medan dan gaya pada awan elektron yang bermuatan negatif pada arah yang berlawanan. Muatan positif dan negatif akan terpisah sehingga gaya tarik menarik muatan akan mengimbangi gaya luar pada masing-

masing muatan akibat medan listrik luar. Ilustrasi molekul nonpolar dipengaruhi oleh medan listrik luar dapat dilihat pada gambar di bawah ini. Distribusi muatan seperti pada gambar 3 dibawah ini berperilaku sebagai suatu dipol listrik.



**Gambar 3.** Diagram skematis dari distribusi suatu atom atau molekul nonpolar. (a) jika medan listrik luar tidak ada (b) Dipengaruhi medan listrik luar [12]

Momen dipol suatu atom atau molekul nonpolar di dalam medan listrik luar disebut momen dipol induksi. Momen dipol ini mempunyai arah sama dengan arah medan listrik. Bila medan listriknya tidak homogen, akan ada gaya total yang bekerja pada dipol tersebut. Gambar 4 memperlihatkan suatu molekul nonpolar yang berada didalam medan listrik.



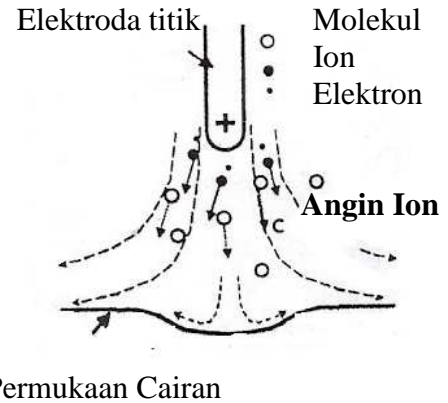
**Gambar 4.** Molekul nonpolar didalam medan listrik tidak homogen dari satu muatan titik positif [12]

Bahan yang molekul-molekulnya mudah terpolarisasi menjadi dipol-dipol listrik demikian dinamakan dielektrikum. Kuat Medan Listrik Sebanding dengan kuat momen induksi  $p$  sesuai dengan persamaan [13]

$$p = \epsilon_0 \chi E \quad (4)$$

**Angin Ion**

Angin ion didefinisikan sebagai suatu arus (*stream*) yang datang dari fluida terionisasi yang dihasilkan oleh medan listrik tinggi yang arahnya mengikuti arah garis medan. Ilustrasi adanya angin ion pada EHD diberikan pada gambar 5.

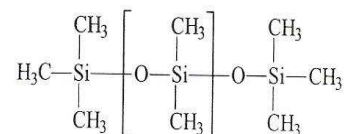


**Gambar 5.** Angin ion yang mendorong permukaan *liquid* [1]

Jika tegangan yang diberikan di antara dua elektroda melampaui tegangan ambang korona. Gaya total yang sangat besar terjadi pada elektroda titik dan akan terjadi gaya tolak yang sangat besar pada permukaan cairan yang disebabkan gaya reaksi oleh angin ion [14].

**Minyak Silikon**

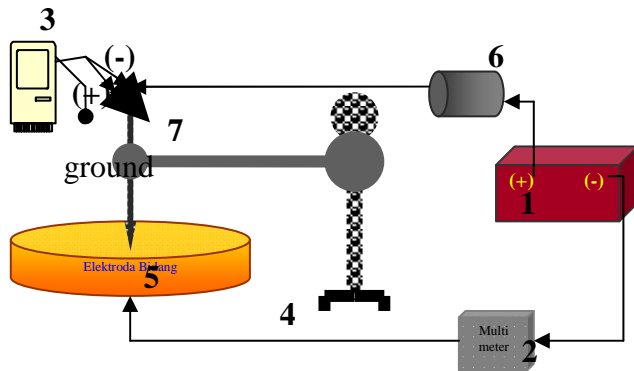
Minyak silikon (Silikone atau "*polysiloxan*") adalah polimer inorganik yang terdiri dari tulang belakang silikon-oksigen (...-Si-O-Si-O-Si-O-...). Beberapa "*side group*" organik dapat digunakan untuk menghubungkan dua atau lebih tulang belakang -Si-O- ini. Minyak silikon merupakan salah satu contoh dari minyak sintesis dan termasuk jenis polimer, nama kimia dari minyak silikon yaitu *Polydimethylsiloxanes*[15]. Struktur molekul minyak silikon dapat dilihat pada gambar 6 di bawah ini



**Gambar 6.** Struktur molekul minyak silikon yang merupakan isolator (dielektrik) karena tidak memiliki elektron bebas [16].

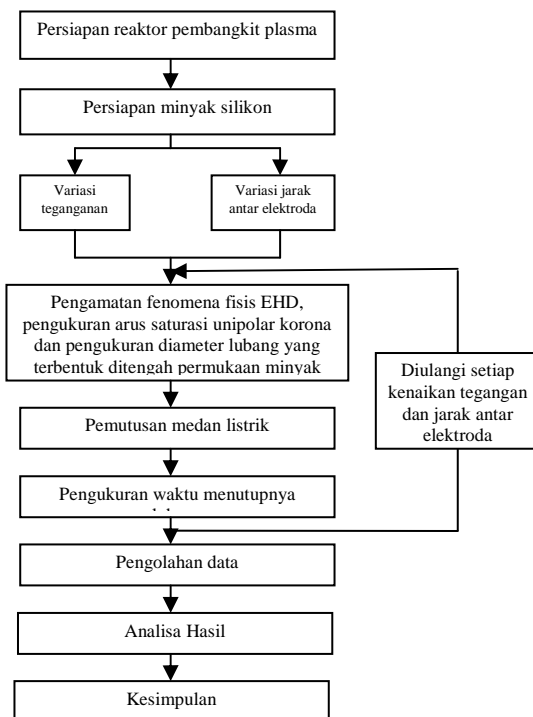
**METODE PENELITIAN**

**Diagram Alat**



Gambar 7. Sistem pembangkit plasma berkonfigurasi elektroda titik-bidang (1)Tegangan tinggi DC (0 kV-10 kV), (2) Multimeter, (3) Osiloskop, (4) Elektroda Bidang, (5) Elektroda Titik, (6) Saklar, (7) Probe tegangan tinggi

**Prosedur Penelitian**



Gambar 8. Skema prosedur penelitian

**Deskripsi Pengamatan dan Pengambilan data**

Sistem pembangkit plasma yang digunakan berkonfigurasi elektroda titik-bidang (*point-to-plane geometry*) seperti tampak pada gambar 7. Elektroda titik

berupa satu buah jarum yang terbuat dari bahan stainless steel dengan ujung runcing berdiameter 0,36 mm yang diletakkan ditengah bidang pada jarak tertentu terhadap elektroda bidang. Elektroda bidang berupa plat logam dari bahan tembaga dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi pinggir plat 2 cm. Posisi kedua elektroda tersebut dijaga agar selalu tegak lurus. Dalam penelitian ini elektroda titik berperan sebagai anoda dan elektroda bidang sebagai katoda. Prosedur penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan sistem pembangkit plasma lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik-bidang. Setelah sistem pembangkit ini disiapkan maka pada elektroda bidang diberikan lapisan minyak silikon dengan volume 100 ml dan diganti setiap 3 kali pengambilan data. Setelah sistem pembangkit plasma dan minyak disiapkan maka penyedia tegangan tinggi dihidupkan kemudian dilakukan pengamatan fisis fenomena EHD dan pengambilan data berupa arus saturasi unipolar korona dan diameter lubang yang berasal dari dua perlakuan yaitu variasi tegangan dimulai dari 2,4-5,8 kV dengan skala variasi 0,2 kV dan variasi jarak antar elektroda mulai dari 1-4 cm dengan skala variasi 0,2 cm. Setelah arus saturasi unipolar korona dan diameter lubang diketahui kemudian dilakukan pemutusan medan listrik dengan menggeser saklar ke posisi *off* sehingga diperoleh waktu menutupnya lubang. Langkah kerja pada penelitian dapat dilihat pada gambar 8.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisa Terjadinya Fenomena Elektrohodinamik**

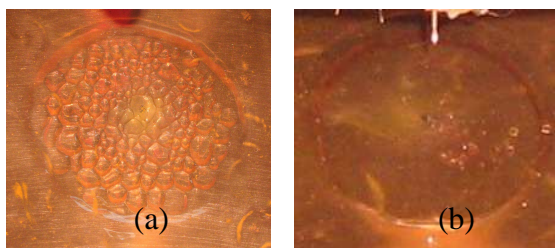
Proses yang dialami permukaan minyak silikon setelah dikenai medan listrik dengan intensitas tinggi diawali dengan terjadinya polarisasi pada permukaan minyak silikon seperti yang ditunjukkan pada gambar 9 (a). Polarisasi

yang terjadi pada permukaan minyak silikon menyebabkan permukaan minyak yang berada pada zona medan listrik tinggi berubah menjadi gumpalan-gumpalan minyak. Pada penelitian ini kuat medan yang mampu menyebabkan minyak terpolarisasi dihasilkan oleh tegangan 2,4 kV dan jarak antar elektroda 1 cm.

Selanjutnya tegangan dinaikkan sehingga gumpalan-gumpalan minyak silikon bergerak menjauhi pusat lubang. Pergerakan gumpalan-gumpalan minyak silikon disebabkan oleh angin ion yang mendorong gumpalan-gumpalan minyak sehingga terbentuk lubang pada zona medan listrik tinggi seperti yang terlihat pada gambar 9(b). Pada penelitian ini tegangan yang mampu menghasilkan kuat medan tertentu sehingga menghasilkan plasma lucutan pijar korona yaitu sebesar 2,6 kV pada jarak antar elektroda 1 cm. Jarak tersebut merupakan jarak antar elektroda terendah pada penelitian ini.

Intensitas kuat medan akan melemah jika semakin menjauh dari pusat lubang. Kuat medan yang besar menyebabkan kuat momen dipol semakin besar sesuai dengan persamaan(4) yang menjelaskan bahwa  $E \propto P$ .

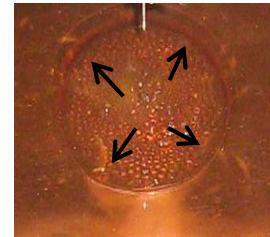
Dipol-dipol minyak silikon melakukan interaksi dengan kedua elektroda. Muatan positif dipol akan tertarik oleh elektroda bidang dan arahnya mengikuti arah garis medan, sedangkan muatan negatif dipol tertarik ke arah elektroda titik dan arahnya berlawanan dengan arah garis medan.



**Gambar 9.** Fenomena Elektrodinamik (a) Pembentukan dipol listrik (b) Terbentuk lubang ditengah permukaan minyak silikon

### Pengaruh Angin Ion Pada Minyak Silikon yang Terpolarisasi

Gumpalan-gumpalan minyak yang bermuatan bergerak menjauhi pusat lubang sampai seluruh gumpalan minyak silikon terpinggir ke tepi lubang. Pergerakan gumpalan-gumpalan minyak dapat dilihat pada gambar 10.



**Gambar 10.** Pergerakan gumpalan-gumpalan minyak silikon ke tepi lubang

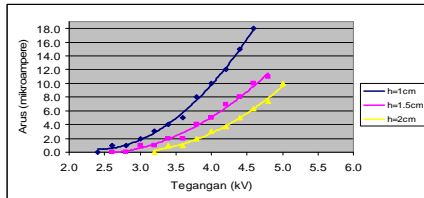
Pergerakan yang terlihat pada gambar 10 disebabkan karena adanya gaya tolak dari angin ion. Kuat medan pada elektroda titik lebih besar daripada kuat medan pada elektroda bidang menyebabkan gas pada udara di sekitar elektroda titik terionisasi. Potensial positif yang diberikan pada elektroda titik menyebabkan muatan-muatan negatif seperti ion negatif dan elektron tertarik menuju elektroda titik dan menolak muatan-muatan positif seperti ion positif. Tertolakannya ion positif dari elektroda titik yang memiliki potensial positif menciptakan suatu gejala listrik berupa “angin” yang berasal dari elektroda titik tersebut. Pada penelitian ini angin ion akan muncul jika tegangan yang diberikan melebihi tegangan ambang korona.

### Karakterisasi Arus Saturasi Unipolar Korona dari Variasi Tegangan

Proses ionisasi yang terjadi diantara elektroda titik dan bidang berpotensi besar menghasilkan ion positif. Ion-ion ini akan mengalir atau bergerak menuju katoda (elektroda pasif) melalui daerah aliran (*drift region*). Aliran ion-ion ini akan menimbulkan

arus ion yang disebut arus saturasi unipolar korona.

Grafik sebagai fungsi arus saturasi unipolar korona dari variasi tegangan pada peristiwa elektrodinamik ditunjukkan pada gambar 11



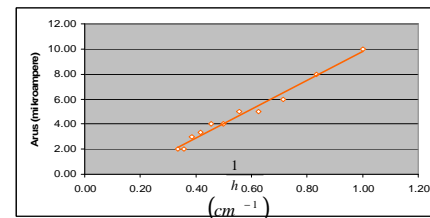
Gambar 11. Karakteristik  $V-I$  pada sistem pembangkit plasma dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik-bidang

Dari grafik, arus bertambah sejalan dengan bertambahnya tegangan. Pertambahan arus untuk ketiga variasi jarak antar elektroda ( $h$ ) adalah konstan dan membentuk grafik setengah parabola. Grafik yang dihasilkan sesuai dengan persamaan (1). Menurut persamaan (1) untuk jarak antar elektroda ( $h$ ) yang tetap, nilai  $I_s$  sebanding dengan kuadrat nilai  $V$  ( $I_s \propto V^2$ )

Tegangan awal yang terjadi pada  $h=1\text{cm}$  yaitu 2,4 kV namun arus saturasi unipolar korona belum terbentuk. Arus pada tegangan 2,4 kV sangat kecil sehingga belum dapat terbaca oleh alat ukur. Begitu juga pada  $h=1,5\text{cm}$ , tegangan awal terjadinya polarisasi sebesar 2,6 kV, pada  $h=2\text{cm}$ , tegangan awal terjadinya polarisasi sebesar 3,2 kV. Setelah tegangan awal tersebut dinaikkan maka angin ion telah terjadi dan menyebabkan gumpalan minyak bermuatan bergerak ke tepi lubang. Tegangan pada kondisi gumpalan-gumpalan minyak bergerak disebut tegangan ambang korona karena produksi ion positif yang menimbulkan gejala listrik berupa angin ion telah terjadi. Setelah tegangan ambang korona dilalui maka arus saturasi unipolar korona semakin naik dari arus pada tegangan awal. Tegangan ambang korona pada  $h=1\text{cm}$  yaitu 2,6 kV, pada  $h=1,5\text{cm}$  yaitu 2,8 kV dan pada  $h=2\text{cm}$  yaitu 3,4 kV.

### Karakterisasi Arus Saturasi Unipolar Korona dari Variasi Jarak Antar Elektroda

Arus saturasi unipolar korona juga dipengaruhi oleh jarak antar elektroda. Sesuai dengan persamaan (1) yang menyatakan bahwa jarak antar elektroda berbanding terbalik dengan arus saturasi korona yang dihasilkan atau sebanding dengan satu per jarak antar elektroda. Karakterisasi jarak antar elektroda terhadap arus saturasi unipolar korona pada peristiwa elektrodinamik dapat dilihat pada gambar 12



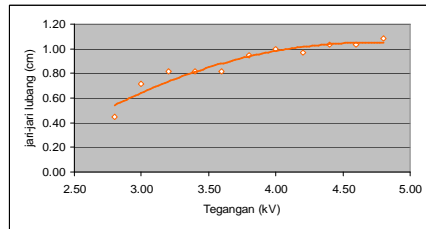
Gambar 12. Karakteristik  $1/h-I$  pada sistem pembangkit plasma dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik-bidang pada  $V=3\text{kV}$

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa arus akan naik jika besar  $1/h$  semakin tinggi. Kuat medan listrik akan semakin lemah jika jarak antar elektroda semakin jauh sehingga arus semakin kecil. Gambar 12 merupakan grafik yang linier sesuai dengan persamaan (1). Pada  $V$  yang tetap, nilai  $I_s \propto 1/h$  atau  $1/\text{jarak}$  antar elektroda.

### Pengaruh Tegangan Terhadap Lebar Jari-jari Lubang

Plasma lucutan pijar korona akan timbul setelah tegangan yang diberikan melebihi tegangan ambang korona, pada penelitian ini tegangan yang digunakan untuk membangkitkan plasma lucutan pijar korona pada jarak antar elektroda 1,5cm yaitu 2,8 kV. Pada tegangan 2,8 kV ion positif yang berasal dari elektroda titik menuju elektroda bidang menimbulkan gejala listrik berupa angin ion yang menolak gumpalan-gumpalan minyak sehingga terbentuk lubang pada permukaan minyak silikon. Pergerakan

gumpalan-gumpalan minyak yang disebabkan oleh angin ion dapat dilihat pada gambar 10. Pengaruh tegangan terhadap jari-jari lubang dapat dilihat pada gambar 13



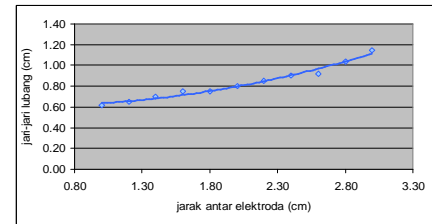
Gambar 13. Pengaruh Tegangan terhadap perubahan jari-jari lubang ( $r$ ) yang terjadi pada permukaan minyak silikon pada  $h=1,5\text{cm}$

Pada gambar 13, jarak antar elektroda dikondisikan tetap. Dari grafik, besarnya tegangan sebanding dengan perubahan lebar jari-jari lubang. Bila tegangan diperbesar maka jari-jari lubang yang terbentuk juga semakin lebar. Perubahan lebar lubang disebabkan oleh intensitas kuat medan listrik. Jika tegangan diperbesar maka medan listrik menjadi kuat sesuai dengan persamaan (2) yaitu  $E \propto V$ . Pada kondisi  $E$  yang semakin meningkat Dipol yang terbentuk pada minyak silikon dalam zona medan tinggi juga semakin banyak sesuai dengan persamaan (4) yaitu  $E \propto p$ . Tingkat ionisasi gas di udara pada besar  $E$  yang semakin meningkat juga lebih cepat terjadi sehingga ionisasi atom dan molekul gas pada udara semakin banyak. Proses ionisasi tersebut menghasilkan elektron dengan energi kinetik yang tinggi. Hal ini sesuai dengan persamaan (3) yaitu jika energi elektron yang menumbuk lebih besar dari energi ionisasi atom atau molekul tertumbuk, sehingga produksi angin ion lebih besar dan memberikan gaya tolak yang besar pada gumpalan-gumpalan minyak silikon bermuatan. Angin ion bergerak searah dengan arah garis medan. Akhirnya terbentuklah lubang yang semakin melebar.

#### Pengaruh Jarak Antar Elektroda Terhadap Lebar Jari-jari Lubang

Jari-jari lubang akan berubah jika jarak antar kedua elektroda berubah.

Perubahan jarak antar elektroda terhadap jari-jari lubang dapat dilihat pada grafik 14.



Gambar 14. Pengaruh jarak antar elektroda ( $h$ ) terhadap perubahan jari-jari lubang ( $r$ ) yang terjadi pada permukaan minyak silikon pada  $V=3\text{kV}$

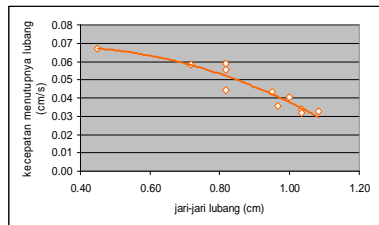
Dari gambar 14, semakin jauh jarak antar elektroda titik dengan elektroda bidang maka lubang yang terbentuk juga semakin besar. Pada persamaan (1), kuat medan listrik berbanding terbalik terhadap jarak antar elektroda. Jika jarak antar elektroda besar maka kuat medan listrik akan semakin kecil. Dari Grafik ini telah diketahui bahwa lebar lubang tidak hanya tergantung dari nilai kuat medan namun juga dipengaruhi oleh sudut parabola dari garis medan yang terbentuk. Untuk jarak antar elektroda yang tetap dengan tegangan yang semakin naik, sudut parabola garis medan tetap dan yang mempengaruhi lebar lubang yaitu kuat medan listrik yang sebanding dengan potensial yang diberikan. Untuk jarak antar elektroda yang semakin naik dengan tegangan yang tetap, sudut parabola dari garis medan akan semakin besar namun kuat medan akan semakin kecil. Semakin besar sudut parabola dari garis medan maka lubang yang dihasilkan juga semakin besar.

#### Pengaruh Pemutusan Medan Pada Minyak Silikon di tinjau dari Lebar Jari-jari Lubang

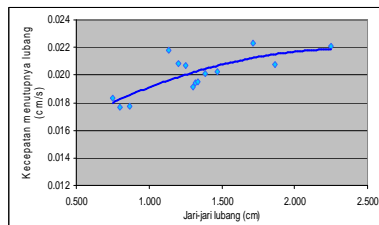
Medan yang dikenakan pada permukaan minyak silikon menyebabkan permukaan minyak silikon terpolarisasi. Jika medan diputus maka lubang akan menutup dan kembali ke posisi semula (permukaan minyak menjadi datar). Dari eksperimen terdapat gejala yang berbeda



dari kecepatan menutupnya lubang antara variasi tegangan dengan variasi jarak antar elektroda. Perbedaan tersebut diinterpretasikan melalui grafik hubungan antara kecepatan menutupnya lubang ( $v$ ) terhadap jari-jari lubang ( $r$ ). Perbedaan kedua grafik dapat dilihat pada gambar 15.



(a)



(b)

Gambar 15. Grafik kecepatan menutupnya lubang terhadap jari-jari lubang, (a) Variasi  $V$  dengan  $h=1,5$  cm (b) Variasi  $h$  dengan  $V=3$  kV

Dari gambar 15 (a) terlihat bahwa kecepatan menutupnya lubang akan semakin lambat untuk jari-jari lubang yang semakin lebar sedangkan pada gambar 15 (b) kecepatan menutupnya lubang akan semakin cepat untuk jari-jari lubang yang juga semakin lebar.

Perbedaan kecepatan menutupnya lubang disebabkan adanya perbedaan kuat momen dipol induksi. Semakin terpolarisasinya gumpalan minyak maka dipol yang terbentuk semakin banyak. Jika dipol semakin banyak maka nilai momen dipol induksi pada dipol semakin besar. Bila medan diputus maka momen dipol induksi pada molekul minyak silikon lama-kelamaan akan melemah. Pelemahan momen dipol induksi tersebut terjadi seiring dengan menutupnya lubang dan akhirnya molekul minyak silikon menjadi netral kembali.

Pada grafik 15 (a) semakin besar tegangan yang diberikan menyebabkan kuat medan semakin besar, bila kuat medan semakin besar menyebabkan kuat momen dipol induksi pada dipol-dipol minyak silikon juga semakin besar. Jika dilakukan pemutusan medan kecepatan menutupnya lubang akan semakin menurun karena gaya tarik-menarik antar dipol masih ada dan berangsur-angsur hilang.

Pada grafik 15 (b) dengan melakukan variasi jarak antar elektroda, semakin jauh jarak antar elektroda maka jari-jari lubang semakin lebar, namun lebarnya jari-jari lubang disebabkan karena sudut parabola dari garis medan yang besar sedangkan kuat medan listrik semakin kecil sehingga kuat momen dipol induksi dipol juga semakin kecil. Oleh karena kuat momen dipol induksi kecil maka terbentuknya dipol pada permukaan minyak silikon juga sedikit sehingga jika medan diputus kecepatan menutupnya lubang akan semakin cepat.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah :

1. Fenomena EHD pada cairan dielektrik (minyak silikon) menggunakan sistem pembangkit plasma lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berupa titik-bidang disebabkan oleh dua hal yakni:
  - a. Polarisasi
  - b. Angin ion
2. Grafik karakterisasi arus saturasi unipolar korona dari variasi tegangan merupakan grafik setengah parabola ( $I_s \propto V^2$ ). Pada  $h=1$ cm,  $h=1,5$  dan  $h=2$ cm gumpalan minyak masing-masing terjadi pada  $V=2,4$ kV,  $V=2,6$ kV dan  $V=3,2$ kV. Tegangan ambang korona pada  $h=1$ cm,  $h=1.5$ cm dan  $h=2$ cm masing-masing terjadi pada tegangan 2,6 kV, 2,8 kV dan 3,4 kV.

3. Grafik karakterisasi arus saturasi unipolar korona dari variasi jarak antar elektroda merupakan grafik linier ( $I_s \propto \frac{1}{h}$ ).
4. Perubahan lebar jari-jari lubang pada tegangan yang semakin besar menyebabkan kuat medan semakin besar, kuat momen dipol induksi pada dipol-dipol minyak silikon semakin besar sehingga jari-jari lubang semakin lebar sedangkan sudut parabola garis medan tetap.
5. Perubahan lebar jari-jari lubang pada jarak antar elektroda yang semakin tinggi menyebabkan sudut parabola garis medan semakin besar sedangkan kuat medan semakin lemah sehingga kuat momen dipol induksi pada dipol-dipol minyak silikon juga semakin lemah.
6. Pengaruh pemutusan medan pada molekul minyak silikon yang terpolarisasi,
  - a. Jika tegangan semakin dinaikkan maka kecepatan menutupnya lubang akan semakin lambat.
  - b. Jika jarak antar elektroda dinaikkan maka kecepatan menutup lubang akan semakin cepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kawamoto, H., and Umezu, S., "Electrohydrodynamic Deformation Of Water Surface in a Metal Pin to Water Plate Corona Discharge System", J. Appl. Phys., Vol. 38, pp 887-894
- [2] Lee, T.S., Phan, T., Fok, B., Malraison, B., and Atten, P., 1996, "Imploding and Exploding Circular EHD Solitary Waves Propagating onto an Insulating Dielectric Liquid Layer", Proceedings Conference Record of the ICDL 12<sup>th</sup> International Conference on Conduction and Breakdown in Dielectric Liquids, Roma, Itali
- [3] Brown, J., 1997, "Electrohydrodynamic: Supplement A", Electrokinetic Inc, Soteria, <http://www.juniper@brown.soteria.com>
- [4] Raizer, Y.P., 1991, "Gas Discharge Physics", Springer-Verlag, Berlin
- [5] Veldhuizen, E.M. van, dan Rutgers, W.R., 2002, "Corona Discharges : Fundamental and Diagnostics", Journal Physics D: Appl. Phys., Vol 35, pp 2169-2175
- [6] 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, pp 2329-2339
- [7] Tseng, C.H., 1999, "The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification", The Air & Waste Management association's 92<sup>nd</sup> Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA , <http://.chaoheng.i-p.com/Awma99Poster.pdf>
- [8] 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(2), pp 891-898
- [9] Bamji, S. S., Bulinski, A. T., and Prasad, K. M., 1993, "Electrical Field Calculation With The Boundary Element Methode", IEEE Transaction on Electrical Insulation Vol. 28 No. 3, June, 420 – 424.
- [10] Valyi, L., 1977, "Atom and Ion Source", Central of Research Institute for Physics of the Hungarian Academy of Science, John Willey and Sons, London
- [11] Tipler, P. A., 2001, "Fisika untuk Sains dan Teknik", Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta.
- [12] Soedjojo, P., 2004, "Fisika Dasar", Edisi Kedua, Andi Offset, Yogyakarta.
- [13] Anonim, 2006, "Ion-Wind", [http://www.ap.stmarys.ca/demos/content/e\\_and\\_m/ion\\_wind/ion\\_wind.html](http://www.ap.stmarys.ca/demos/content/e_and_m/ion_wind/ion_wind.html), 29 juni 2006, 06.42.

- [15] Anonim, 2005, "Silikone", <http://id.wikipedia.org/wiki/Silikone>, 1 juli 2006, 17.44
- [16] Vlack, L.H., 1992, "Ilmu dan Teknologi Bahan: Ilmu Logam dan Bukan Logam", Edisi ke lima, Erlangga, Jakarta



