

## Pengujian bahan untuk elektroda pada sistem dielektroforesis

Much. Azam

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

E-mail: [azamfisika@gmail.com](mailto:azamfisika@gmail.com)

### ABSTRACT

*In this paper described the results of electrode material testing point-field configuration for the system dielektroforesis. Type of materials used iron, stenlees, silver and gold. Testing is done to know the type of material that is not easy to cause electrolysis in bioparticle medium, either with or without layer of insulator (glue). The test was also conducted to determine whether or not the phenomenon of electrophoresis in water flea (cladocera) was given a 1-10 volt AC voltage with a frequency of 6 MHz. The test results showed that in all types of electrode materials used, electrolysis did not occur when the electrodes were given a layer of insulator, and electrolysis occurred when not given a layer of insulator. While the phenomenon dielektroforesis not visible when given AC voltage up to 10 Volt and frequency 6 MHz.*

**Keywords:** Dielectrophoresis, cladocera, electrolisis, point-plate electrode

### ABSTRAK

*Pada makalah ini dijelaskan hasil pengujian jenis bahan elektroda konfigurasi titik -bidang untuk sistem dielektroforesis. Jenis bahan yang digunakan besi, stenlees, perak dan emas. Pengujian dilakukan untuk mengetahui jenis bahan yang tidak mudah menyebabkan terjadinya elektrolisa pada medium biopartikel, baik dengan atau tanpa lapisan isolator(lem). Pengujian dilakukan juga untuk mengetahui terjadi tidaknya fenomena dielektroforesis pada kutu air ( cladocera ) yang diberi tegangan listrik AC 1-10 volt dengan frekuensi 6 MHz. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada semua jenis bahan elektroda yang digunakan, elektrolisa tidak terjadi ketika elektroda diberi lapisan isolator, dan elektrolisa terjadi ketika tidak diberi lapisan isolator. Sedangkan fenomena dielektroforesis. belum kelihatan ketika diberi tegangan listrik AC sampai 10 Volt dan frekuensi 6 MHz.*

**Kata kunci:** Dielectrophoresis, cladocera, elektrolisa, elektroda titik bidang

## PENDAHULUAN

Pemisahan mikropartikel seperti bakteri (biopartikel) atau butir-butir polimer dengan sifat yang berbeda, sangat penting dalam perkembangan teknologi material modern dan bioteknologi. Karena ukurannya sangat kecil, untuk menggerakkan mikropartikel cukup dengan tegangan listrik yang kecil tetapi medan listrik yang timbul cukup besar. Partikel yang bermuatan listrik dapat digerakkan dengan gaya elektroforesis sedangkan untuk partikel bermuatan netral (dapat terpolarisasi) akan mudah digerakkan dengan gaya dielektroforesis.

Dielektroforesis didefinisikan sebagai gerak dari partikel yang dapat terpolarisasi

dalam medan listrik tak seragam dan dikenalkan pertama kali oleh Pohl [1] pada tahun 1951. Kemudian Mahaworasilpa dkk [2] menerapkan proses dielektroforesis dan elektrorotasi untuk menentukan permitivitas dan konduktivitas membran sel darah merah.

Menurut Hughes [3], gaya dielektroforesis yang bekerja pada partikel dielektrik, berbentuk bola dan homogen dituliskan :

$$F_{DEP} = 2\pi\epsilon_m r^3 \nabla |E_{rms}|^2 \text{Re}[\kappa(\omega)] \quad (1)$$

dengan  $E$  adalah kuat medan listrik akar kuadrat rata-rata ( $rms.$ ).

Dari hasil simulasi numerik gaya dielektroforesis pada biopartikel berbentuk

bola oleh Azam [4] diketahui bahwa konfigurasi elektroda yang baik untuk mendapatkan gaya dielektroforesis yang besar adalah konfigurasi elektroda titik-bidang. Pada penggunaan elektroda konfigurasi titik-bidang, medan listrik yang dihasilkan tak homogen dan memiliki gradien medan listrik yang lebih besar dibanding konfigurasi elektroda yang lain. Konfigurasi elektroda titik-bidang juga digunakan pada sistem pembangkit plasma pijar korona oleh Spyrou dkk [5]. Kemudian Lee dkk (1996) melakukan eksperimen pada beberapa polimer cair yang dipengaruhi oleh plasma lucutan pijar korona dengan geometri elektroda berkonfigurasi titik bidang [6].

Berdasarkan persamaan (1), pemisahan antara dua partikel menggunakan metode dielektroforesis dapat dilakukan jika partikel yang akan dipisahkan memiliki parameter yang berbeda. Parameter yang dapat mempengaruhi antara lain: permitivitas dan konduktivitas partikel, permitivitas dan konduktivitas medium, serta frekuensi dan kuat medan listrik AC. Pada persamaan (1) gaya dielektroforesis dan mobilitasnya sebanding dengan gradien kuat medan listrik. Semakin besar derajat ketidak homogenan medan listrik atau gradien medan listriknya maka akan semakin besar gaya yang dihasilkan untuk memisahkan partikel.

Untuk kasus 2 dimensi,

$$E = -\nabla\phi \quad (2)$$

dengan  $\phi$  menyatakan potensial listrik. Jumlah potensial dari dua medan listrik yang berbeda frekuensi dan besarnya dituliskan:

$$\phi = \phi_1 \sin(\omega_1 t) + \phi_2 \sin(\omega_2 t + \delta) \quad (3)$$

$\phi_1$  dan  $\phi_2$  menyatakan amplitudo dari dua medan,  $\omega$  menyatakan frekuensi medan,  $t$  waktu, dan  $\delta$  menyatakan beda fase.

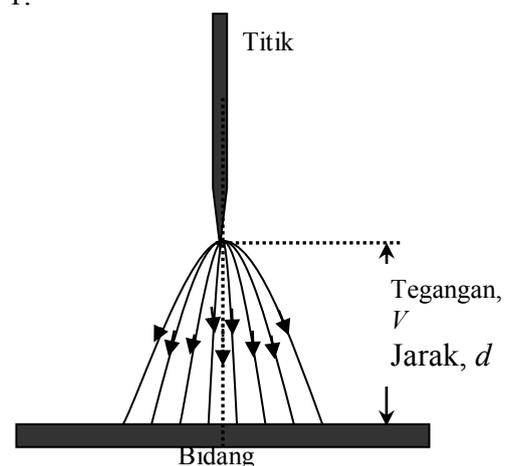
### Medan listrik diantara elektroda titik-bidang

Medan listrik yang tak seragam (*non uniform*) karena adanya perbedaan geometri antara elektroda (*titik-bidang*) menimbulkan

medan listrik yang kuat disekitar ujung elektroda titik. Kuat medan listrik antar elektroda merupakan fungsi dari jarak ( $x$ ) antar elektroda. Besar kuat medan listrik ditunjukkan dalam persamaan Bamji [7]:

$$E(x) = \frac{2V}{(r + 2x - \frac{x^2}{d}) \ln(1 + \frac{2d}{r})} \quad (4)$$

Dengan  $V$  menyatakan tegangan pada elektroda,  $r$  menyatakan jari-jari ujung elektroda titik,  $d$  menyatakan jarak antar elektroda dan  $x$  jarak ujung elektroda titik dengan sebuah titik yang berjarak  $x$  tertentu diantara kedua elektroda. Ilustrasi dari elektroda titik-bidang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Dua elektroda titik bidang (Sigmond, [8])

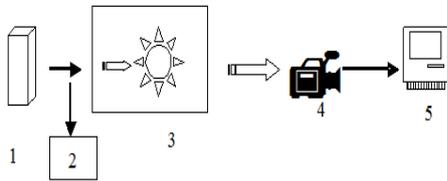
Dengan demikian apabila  $x = 0$  (diujung elektroda titik) maka medan listriknya memenuhi persamaan :

$$E(x = 0) = \frac{2V}{r \ln(1 + \frac{2d}{r})} \quad (5)$$

Pada tulisan ini telah dilakukan studi untuk mengetahui bahan yang tepat digunakan sebagai elektroda dengan geometri konfigurasi titik-bidang. Variasi yang dilakukan meliputi variasi bahan elektroda, variasi besar tegangan dan variasi jenis tegangan AC/DC. Sebagai parameter uji yaitu

ada tidaknya elektrolisis dan timbulnya fenomena dielektroforesis.

**METODE PENELITIAN**



**Gambar 2.** Sistem Dielektroforesis

Pada gambar terlihat sistem dielektroforesis yang terdiri dari :

1. Sumber tegangan listrik AC/DC
2. Pengukur tegangan dan frekuensi
3. Pemisah biopartikel , terdiri dari elektroda, media, dan sampel
4. Perekam citra/ camera CCD
5. Komputer

Prinsip kerja dari sistem dielektroforesis adalah sebagai berikut: Sumber tegangan listrik menghasilkan medan listrik AC diantara kedua elektroda sehingga bio partikel yang berada dalam medium diantara elektroda tersebut akan mengalami gaya dielektroforesis. Gaya tersebut menyebabkan biopartikel bergerak. Gerakan biopartikel direkam dengan kamera CCD , disimpan dan ditampilkan dalam komputer. Dari data tersebut dapat diamati fenomena yang terjadi.

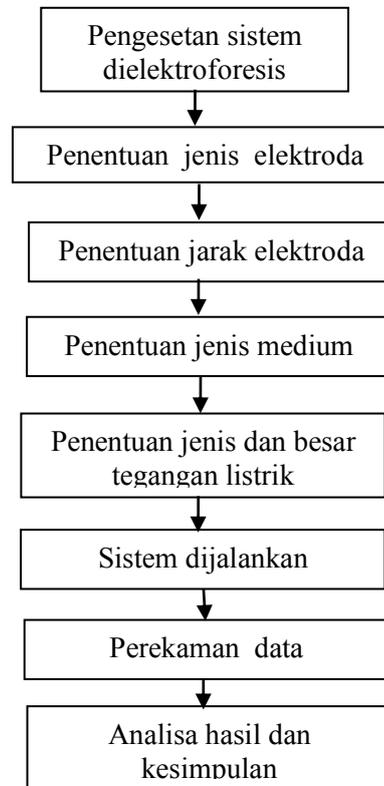
Penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Variasi bahan elektroda (besi, stenis, perak, dan emas), terlihat pada gambar 3
2. Variasi tegangan listrik DC( 2-12 volt, dengan interval 2 volt)
3. Tegangan AC 10 volt, frekuensi 100Hz



**Gambar 3.** jenis bahan elektroda

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan terlihat pada gambar 4.



**Gambar 4.** Tahapan penelitian

Jarak antara elektroda titik-bidang adalah 1mm. Medium yang digunakan sebagai media biopartikel adalah aquades. Untuk mencegah terjadinya elektrolisis pada air akibat aqua tidak murni atau sebab lain, maka permukaan elektroda dilapisi lem. Sebagai uji terjadi tidaknya fenomena dielektroforesis, digunakan adalah kutu air (*cladocera*) yang diambil dari akuarium dengan tegangan listrik AC dari 1 sampai 10 volt dan frekuensinya 100 Hz.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Pengujian Jenis Bahan Elektroda**

Pengujian jenis bahan dilakukan untuk mengetahui jenis bahan yang tepat untuk elektroda pada sistem dielektroforesis. Jenis bahan yang digunakan yaitu : besi, stenis, perak, dan emas. Masing -masing sebagai elektroda titik dan bidang yang bentuknya terlihat pada gambar 3. Jarak antara elektroda titik dan elektroda bidang dibuat sama yaitu 1

mm. Tegangan listrik yang digunakan adalah DC dan divariasi dari 2 sampai 10 volt dengan selang variasi 2 volt. Pengujian dilakukan juga untuk elektroda yang dilapisi lem. Hasil penelitian terlihat pada tabel 1.

Dari tabel 1 diketahui bahwa pada semua jenis logam yang digunakan sebagai elektroda ( besi, stenles, perak dan emas), maka ketika elektroda tidak diberi lapisan lem/isolator ternyata terjadi elektrolisa pada aquades yang dijadikan sebagai medium biopartikel dan elektrolisa tidak terjadi ketika elektroda diberi lapisan lem. Ketika tegangan listrik diperbesar elektrolisa semakin mudah terjadi. Disamping faktor jenis logam, elektrolisa juga dipengaruhi oleh kemurnian medium biopartikel/Aquades, semakin murni aquades maka semakin kecil terjadinya elektrolisa. Kandungan mineral dalam medium juga mempengaruhi mudah tidaknya terjadi elektrolisa. Elektrolisa semakin cepat terjadi ketika tegangan listrik DC semakin besar.

**Tabel 1.** Hasil pegujian jenis bahan elektroda

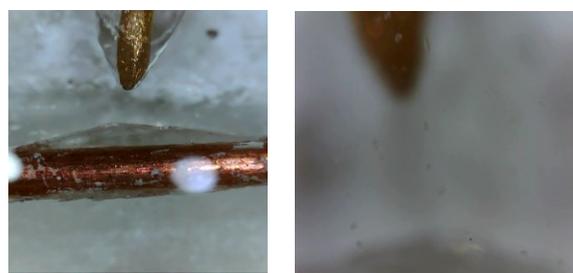
Jenis bahan	Tegangan (volt)	hasil	
		Tanpa lem	Dengan lem
besi	2	√	X
	4	√	X
	6	√	X
	8	√	X
	10	√	X
Stenlis	2	√	X
	4	√	X
	6	√	X
	8	√	X
	10	√	X
Perak	2	√	X
	4	√	X
	6	√	X
	8	√	X
	10	√	X
Emas	2	√	X
	4	√	X
	6	√	X
	8	√	X
	10	√	X

Keterangan : √ terjadi elektrolisis

X tidak terjadi elektrolisis

**Pengujian Fenomena Dielektroforesis**

Untuk mengetahui bahwa pada sistem sudah terjadi fenomena dielektroforesis, maka tegangan listrik yang digunakan adalah AC dengan frekuensi 6 MHz. Elektroda yang digunakan emas dan dilapisi lem. Tegangan divariasi dari 1 sampai 10 volt. Kutu air diambil dari akuarium dijadikan sebagai biopartikel penguji. Hasil penelitian dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 5.** Pengujian fenomena

**Dielektroforesis pada air akuarium**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sistem dielektroforesis untuk tegangan listrik AC yang divariasi dari 1 sampai 10 volt, frekuensi 6 MHz, belum terjadi fenomena dielektroforesis. Hal ini bisa dilihat dari gerakan kutu air di dalam sistem dielektroforesis yang tidak terpengaruh oleh medan listrik yang dikenakan. Ada dua kemungkinan yang menyebabkan fenomena tidak terlihat: tegangan listrik AC kurang besar atau frekuensinya tidak pas, karena untuk penelitian ini belum divariasi frekuensinya

**KESIMPULAN**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1. Elektrolisa pada aquades tidak terjadi untuk semua jenis bahan elektroda ketika elektroda diberi lapisan isolator, dan terjadi elektrolisa ketika tidak diberi lapisan isolator. Elektrolisa juga dipengaruhi oleh kemurnian aquades sebagai medium biopartikel..

2. Pada kondisi tegangan listrik AC , 1 sampai 10 volt dan frekuensi 6 MHz., belum terjadi fenomena dielektroforesis.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Republik Indonesia atas dukungan dana pada program penelitian tahun 2010.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pohl, H.A, 1978, Dielectrophoresis ,Cambridge, Cambridge University
- [2]. Mahaworasilpa,T.L , Coster,H.G.L dan George,E.P., (1994), *Forces On Biological Cells Due to Applied Alternating(AC) Electric Fields*,Dielectrophoresis,Biochimica et Biophysics Acta 1193,118-126
- [3]. Hughes, M.P., 1999, *AC Electrokinetics: Application for Nanotechnology*,<http://www.foresight.org/Conferences/MNT7/Paper/Hughes/index.html>.
- [4]. Azam,M, 2017, *Simulasi Numerik Gaya Dielektroforesis pada Biopartikel Berbentuk Bola*, Youngster Physics Journal ISSN : 2302 - 7371.Vol. 6, No.1, Januari 2017
- [5]. 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
- [6]. 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
- [7]. 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.
- [8]. Sigmond, R.S., 1982, *Simple Approximation Treatment of Unipolar Space-charge-dominated Coronas : The Warburg Law and The Saturation Current*, Journal of Applied Physics 53, 891