



UNIVERSITAS INDONESIA

PENGUKURAN NILAI KAPASITANSI LISTRIK SPORA *Aspergillus niger* MENGGUNAKAN KAPASITOR PLAT SEJAJAR

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains

Oleh :

MAULANA
0304020493

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
PROGRAM STUDI FISIKA
PEMINATAN FISIKA MEDIS DAN BIOFISIKA
DEPOK
JUNI 2009

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Maulana

NPM : 0304020493

Tanda tangan :

Tanggal : 17 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Maulana
N P M : 0304020493
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Pengukuran Nilai Kapasitansi Listrik Spora *Aspergillus niger*
Menggunakan Kapasitor Plat Sejajar

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.rer.nat. Musaddiq Musbach ()
Pembimbing II : Drs. Iman Santoso, M.Phil ()
Penguji I : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko ()
Penguji II : Dr. Ing. Cuk Imawan ()
Penguji III : Dra. Sitaresmi, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 17 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.rer.nat. Musaddiq Musbach dan Drs. Iman Santoso, M.Phil selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dan pemikiran untuk mengarahkan saya di dalam penyusunan skripsi ini.
2. Orang Tua tercinta, Bapak Arsyad dan Ibu Ratna yang telah mendukung ananda baik secara moril, materil dan doa, sehingga ananda dapat menyelesaikan skripsi ini dengan mudah.
3. Adinda Desi Tetrawati, S.T. Yang telah mendukung, mensupport, memberikan masukan dan mendo'akan Buya di dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga Allah SWT meridhoi dan mempersatukan kita dalam tali pernikahan. Amien...
4. Bapak Nurhasan, S.Si. Selaku Guru, Teman dan Kakak yang telah banyak memberikan inspirasinya kepada saya di dalam kehidupan ini.
5. Ibu Romulati dan Bapak M. Amin yang turut mendukung dan mendo'akan supaya saya cepat menyelesaikan kuliah. Maaf ya bu' saya suka ngeroptin dan menyusahkan ibu, he...
6. Teman – teman halaqoh : Ade Zaenal Abidin, Bayu Susanto, Teguh Karya, Serin, Deni, Imam Hidayat, Bahrudien, Novan Radius, Ariyanto, Armansyah, Ridwan Arifandi, dll yang telah turut memberikan do'nya.
7. Adikku Lianti dan kakakku Nasim dan Santi Susanti, yang turut mendo'akan didalam penyelesaian skripsi ini.
8. Teman seperjuanganku di Laboratorium: Wamid Antaboga, yang telah begitu setia mendampingi dan membantu saya pada saat penelitian dan eksperimen. Akhirnya kita lulus juga ya...

9. Teman – teman Fisika 2004 : Sugiharto, Zamroni, Budi, Mardhin, Eli, Doyahudin, dan lain –lain deh. Makasih atas bantuannya ya..
10. Seluruh staff pengajar fisika terutama Prof. Djarwani, mas Dwiseno, M.Si, mas Supriyanto, M.Si, Dr. Martarijal, Dr. Cuk Imawan, dan Dr. Herbert P. Simanjuntak. Yang turut membimbing saya dalam perkuliahan dan skripsi.
11. Seluruh Staff Administrasi Departemen Fisika, terutama mba Ratna yang sangat konsen terhadap mahasiswa. Yang telah banyak membantu semua proses administrasi di Departemen Fisika.
12. Bapak Supriyadi, S.Sos. Laboran Mikrobiologi Departemen Biologi FMIPA UI. Yang telah berperan besar di dalam eksperimen di lab Mikrobiologi..., maaf ya pa, saya sudah banyak nyusahin bapak.

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu umat manusia.

Depok, 17 Juni 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulana

NPM : 0304020493

Program Studi : Medis dan Biofisika

Departemen : Fisika

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Noneksklusif (*NON-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengukuran Nilai Kapasitansi Listrik Spora *Aspergillus niger* Menggunakan
Kapasitor Plat Sejajar

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 17 Juni 2009

Yang menyatakan,

(Maulana)

Nama : Maulana
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Pengukuran Nilai Kapasitansi Listrik Spora *Aspergillus niger*
Menggunakan Kapasitor Plat Sejajar
(Measurement of Electric Capacitance Value of *Aspergillus niger's* Spore Using Parallel Plate Capacitor)

ABSTRAK

Didalam menentukan jumlah sel di dalam suspensi yang berisi sel *Aspergillus niger*, dapat dilakukan dengan mengukur harga kapasitansi suspensi tersebut. Secara eksperimental dapat dibuktikan bahwa harga kapasitansi berbanding lurus dengan jumlah sel. Fenomena menarik yang lain yaitu, melalui eksperimen sederhana ini dapat ditentukan harga kapasitansi per sel Spora *Aspergillus niger*. Untuk membuktikan fenomena ini secara eksperimental, pengukuran kapasitansi per sel dilakukan menggunakan kertas saring. Hasil yang diperoleh menunjukkan sel tersusun dominan paralel dengan kapasitansi per sel antara $(0,58 \pm 0,03) - (2,75 \pm 0,1)$ pF

Kata kunci : Kapasitansi per sel, Kapasitor, Spora Aspergillus niger

ABSTRACT

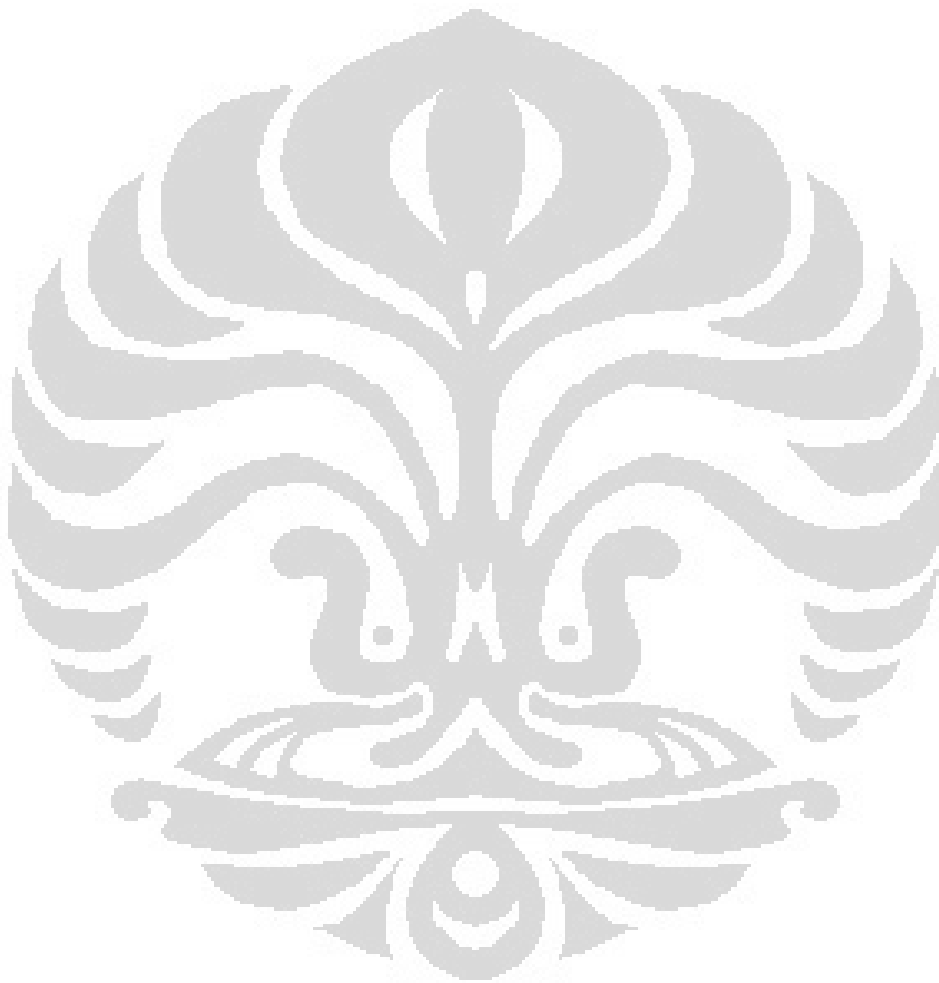
In order to predict the number of cells in suspension containing cell of *Aspergillus niger*, could be conducted by means of measuring its capacitance. Experimentally could be proved that capacitance of cells is equal to the number of cells itself. Another interesting phenomenon is, through this simple experiments one could be predicted the capacitance of one cell. To prove this phenomenon experimentally, the capacitance of one cell was conducted by measuring capacitance of through filter paper. The final result shown that cells are dominantly arranged in parallel and the prediction values of capacitance per cells are between $(0,58 \pm 0,03) \sim (2,75 \pm 0,1)$ pF.

Keyword : per cells capacitance, capacitor, Aspergillus niger's spore

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | vi |
| ABSTRAK | vii |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xi |
| 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Tujuan..... | 2 |
| 1.3. Pembatasan Masalah..... | 2 |
| 1.4. Metode Penelitian..... | 2 |
| 1.5. Sistematika Penulisan..... | 3 |
| 2. TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1. Kapasitansi Kapasitor..... | 5 |
| 2.2. Sifat Polar Bahan Dielektrik..... | 7 |
| 2.3. Kamar Hitung Improved Neubauer..... | 10 |
| 2.4. Karakteristik Spora <i>Aspergillus niger</i> | 12 |
| 3. EKSPERIMEN..... | 13 |
| 3.1. Peralatan..... | 13 |
| 3.1.1. Kapasitor..... | 13 |
| 3.1.2. Alat Pengukur Kapasitansi..... | 13 |
| 3.1.3. Metode Kalibrasi Kapasitor..... | 14 |
| 3.1.4. Autoclave..... | 15 |
| 3.2. Pembuatan Medium..... | 16 |
| 3.3. Cara Kerja..... | 17 |
| 3.3.1. Preparasi Sampel..... | 17 |
| 3.3.2. Pengambilan Data..... | 17 |
| 4. HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 21 |
| 4.1. Analisis Kapasitor..... | 21 |
| 4.2. Kapasitansi Spora <i>Aspergillus niger</i> | 26 |
| 4.2.1. Nilai Kapasitansi Spora <i>Aspergillus niger</i> dengan Metode Cairan..... | 26 |
| 4.2.2. Nilai Kapasitansi Spora <i>Aspergillus niger</i> dengan Metode Kertas Saring..... | 30 |
| 5. KESIMPULAN DAN SARAN..... | 34 |

| | |
|--------------------------|----|
| 5. 1. Kesimpulan | 34 |
| 5. 2. Saran..... | 34 |
| DAFTAR REFERENSI..... | 35 |
| LAMPIRAN – LAMPIRAN..... | 36 |

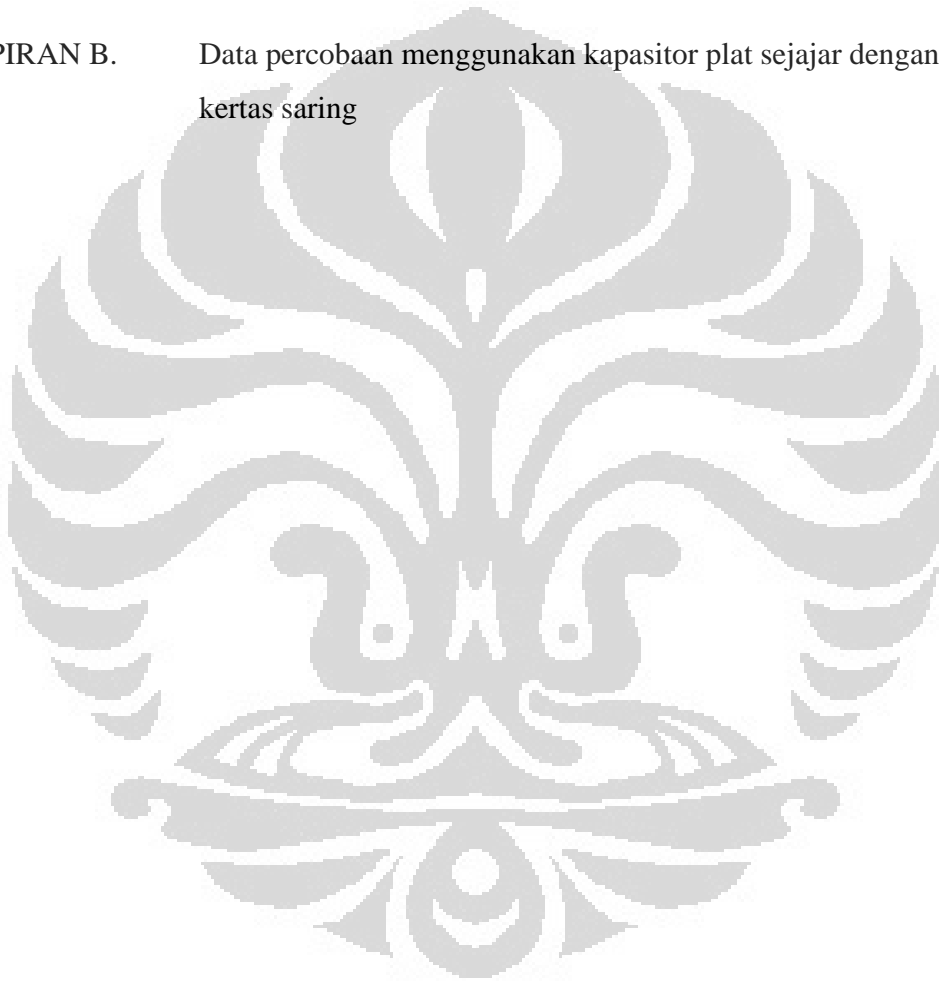


DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| 2. 1. Medan listrik pada kapasitor plat sejajar..... | 6 |
| 2. 2. Efek medan tepi pada kapasitor plat sejajar..... | 6 |
| 2. 3. Arah Dipol – dipole listrik sebelum diberi medan listrik..... | 9 |
| 2. 4. Arah Dipol – dipole listrik setelah diberi medan listrik..... | 9 |
| 2. 5.a Kamar Hitung Improved Neubauer..... | 10 |
| 2. 5.b Skematik Kamar Hitung Improved Neubauer..... | 10 |
| 2. 6.a <i>Aspergillus niger</i> | 11 |
| 2. 6.b Koloni Spora <i>Aspergillus niger</i> | 11 |
| 3. 1. Kapasitor (tampak dari atas)..... | 13 |
| 3. 2. Kapasitometer..... | 14 |
| 3. 3. Beberapa peralatan pendukung..... | 15 |
| 3. 4.a Spora yang masih dikultur..... | 18 |
| 3. 4.b Larutan induk..... | 18 |
| 3. 4.c Spora yang terlihat pada kamar hitung (perbesaran 100X)..... | 18 |
| 4. 1. Grafik Kapasitansi Aquades..... | 21 |
| 4. 2. Ilustrasi penyimpanan muatan pada kapasitor..... | 22 |
| 4. 3. Grafik kapasitansi spora + aquades..... | 23 |
| 4. 4. Ilustrasi ion pada suspensi sel..... | 24 |
| 4. 5. Energi yang tersimpan dalam kapasitor..... | 25 |
| 4. 6. Sel sebagai system polar..... | 26 |
| 4. 7. Grafik kapasitansi spora terhadap pengenceran..... | 28 |
| 4. 8. Grafik kapasitansi sebagai fungsi logaritma jumlah spora..... | 28 |
| 4. 9. Grafik kapasitansi sebagai fungsi logaritma jumlah spora..... | 29 |
| 4. 10. Grafik kapasitansi versus jumlah spora lebih dari 10^3 spora..... | 29 |
| 4. 11. Grafik kapasitansi menggunakan kertas saring pada awal pengukuran | 31 |
| 4. 12. Grafik kapasitansi dengan kertas saring versus jumlah spora..... | 32 |

DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A. Data percobaan menggunakan kapasitor plat sejajar dengan metode suspensi
- LAMPIRAN B. Data percobaan menggunakan kapasitor plat sejajar dengan metode kertas saring



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penghitungan jumlah sel mikroorganisme secara akurat seringkali rumit karena jasad renik tersebut umumnya tidak dapat dilihat secara langsung dengan kasat mata, kecuali dengan menggunakan mikroskop. Perhitungan jumlah sel yang seringkali digunakan oleh para ahli mikrobiologi adalah dengan menggunakan metode antara lain; *Total Plate Count* (TPC), Kamar hitung atau *Counting Chamber* (CC), pengukuran biomassa kering sel dan pengukuran kerapatan optis (*Optical Density*). Metode – metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing – masing (Kurniawati, Lilis, 1998).

Sebagaimana diketahui bahwa bahan sel bersifat dielektrik dan akan bereaksi jika diberi medan listrik. Oleh karena itu salah satu cara lain yang dapat dikembangkan dan telah terbukti secara eksperimental adalah pengukuran jumlah sel dengan menghitung kapasitansi (Musbach, M. Et al, Maret 2005). Secara teoritis jika diketahui harga kapasitansi sejumlah sel secara pasti maka jumlah sel yang terdapat di dalam suspensi tersebut dapat dihitung.

Untuk mengukur harga kapasitansi sel, hal pertama yang harus diperhatikan adalah spesies mikroorganisme yang mudah dikembang-biakkan, kemudian hal kedua adalah bagaimana dapat menghitung secara pasti jumlah sel dalam suatu suspensi atau kertas saring. Untuk merealisasikan ide tersebut pertama-tama dibuat kapasitor dari bahan plastik transparan/akrilik dan sebagai elektrodanya dipilih kuningan yang dilekatkan dibagian dalam kapasitor. Kapasitor ini kemudian diuji dengan mengukur harga konstanta dielektrik udara. Kemudian dipilih sel yang akan diuji harga kapasitansinya, yaitu spora *Aspergillus niger*. Sel ini dipilih karena ia memiliki beberapa keistimewaan, diantaranya adalah ukurannya yang cukup besar, mudah tumbuh / dikembangbiakan dan tidak bersifat patogen. Kemudian sel ini dikembangbiakkan dengan menggunakan larutan PDA (Potatos Dextrose Agar).

Secara teoritik harga kapasitansi sel di dalam medium hidupnya merupakan penjumlahan dari kapasitansi masing-masing individu sel yang terdapat di dalam suspensi. Berdasarkan hal tersebut dapat diperkirakan bahwa harga kapasitansi individu sel dapat diukur berdasarkan harga kapasitansi sel secara berkelompok yang jumlah populasinya telah ditentukan. Dengan asumsi sederhana ini dapat didekatkan bahwa hubungan kapasitansi masing-masing individu sel merupakan kombinasi paralel dan seri sesamanya (Musbach, M. Et al, 2007).

Pengukuran kapasitansi sel secara berkelompok dilakukan di dalam suspensi, sehingga harga kapasitansi yang terbaca pada alat ukur merupakan kapasitansi sel dan kapasitansi medium cair. Setelah tahu harga kapasitansi medium, maka akan didapatkan harga kapasitansi sel tersebut.

Sedangkan harga kapasitansi tiap sel diukur dengan menyebar sel tersebut pada kertas filter (kertas saring) secara hati-hati dan seksama dan kemudian dengan kapasitor plat sejajar diukur harga kapasitansinya (Musbach, M. Et al, 2007).

1.2. Tujuan

1. Menentukan hubungan antara nilai kapasitansi dengan jumlah sel.
2. Menentukan nilai kapasitansi persel spora *Aspergillus niger*.

1.3. Pembatasan Masalah

Penulis membatasi masalah dalam penelitian ini pada pengukuran nilai kapasitansi persel spora *Aspergillus niger*. dan perhitungan jumlah sel dengan metode Kamar hitung (Improved Neubauer) dijadikan sebagai pijakan.

1.4. Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan terdiri dari beberapa tahap antara lain:

1. Studi Literatur

Metode Studi Literatur ini digunakan untuk memperoleh teori-teori dasar sebagai sumber dan acuan dalam penulisan skripsi. Informasi dan pustaka yang berkaitan dengan masalah ini diperoleh dari literatur, penjelasan yang diberikan dosen

- pembimbing, rekan-rekan mahasiswa, internet, dan buku-buku yang berhubungan dengan tugas akhir penulis.
2. Pengambilan data percobaan di Laboratorium Mikrobiologi
Pengambilan data percobaan dapat dimulai setelah alat selesai dibuat dan semua bahan-bahan yang berkaitan telah tersedia. Pada tahap ini pengambilan data dilakukan dengan dua macam pengukuran, yaitu pengukuran nilai kapasitansi sel dengan kapasitometer dan pengukuran jumlah sel dengan metode Kamar hitung.
 3. Metode Analisis
Metode ini merupakan pengamatan terhadap data yang telah diperoleh dari pengukuran di laboratorium. Setelah itu dilakukan analisis sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran – saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri dari bab-bab yang memuat beberapa sub-bab. Untuk memudahkan pembacaan dan pemahaman maka penulisan skripsi ini terdiri atas 5 bab dan secara garis besar dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisi latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penulisan dan sistematika penulisan dari skripsi ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Teori Dasar berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan Mikroba Sel spora *Aspergillus niger.*, Teori Kapasitansi pada organisme dan material yang digunakan dalam penelitian.

BAB 3 EKSPERIMEN

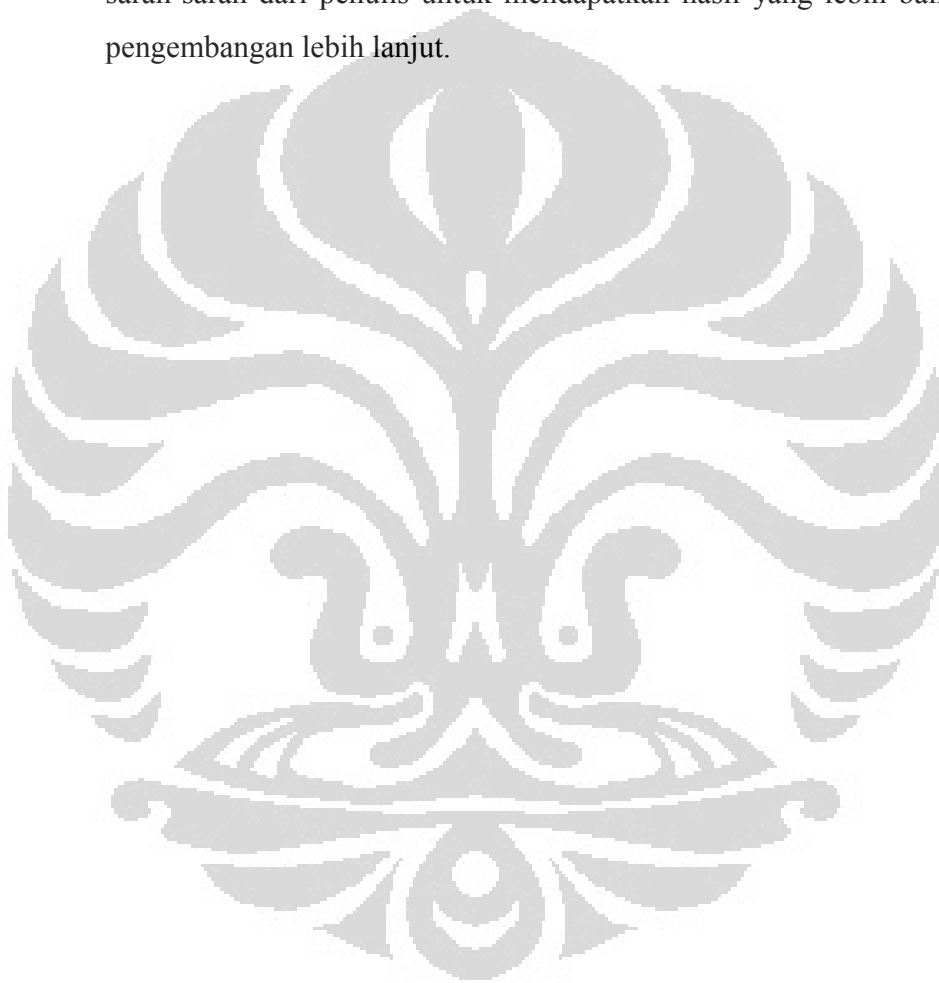
Pada bab ini akan memuat tentang peralatan dan bahan-bahan yang digunakan, serta akan dijelaskan bagaimana langkah – langkah dalam pelaksanaan pengambilan data di laboratorium sampai dengan proses perolehan hasil.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menampilkan hasil pengukuran nilai kapasitansi sel Spora *Aspergillus niger* dalam bentuk grafik agar mudah difahami dan kemudian menganalisisnya.

BAB 5 PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan penulis yang diperoleh berdasarkan selama penelitian berlangsung, selain itu penutup juga berisikan tentang saran-saran dari penulis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pengembangan lebih lanjut.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapasitansi Kapasitor (John. R, Reitz, 1978. TL, Floyd, 1992)

Kapasitor merupakan suatu komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan apabila diberikan medan listrik, yang sama artinya dengan menyimpan energi. Kemampuan kapasitor didalam menyimpan muatan listrik didefinisikan sebagai kapasitansi. Adapun besarnya muatan total yang tersimpan dalam kapasitor memenuhi persamaan :

$$Q = CV \quad (2.1)$$

Dimana C : kapasitansi

V : beda potensial elektroda

Sedangkan untuk arus yang melewati kapasitor diberikan oleh persamaan :

$$I = C \frac{dV}{dT} \quad (2.2)$$

Ketika sinyal listrik di berikan pada kapasitor, momen-momen dipol bahan dielektrik yang terdapat di dalam kapasitor akan terdistribusi pada arah tertentu yang juga bergantung pada frekuensi yang diberikan.

Pada penelitian ini, kapasitor yang digunakan adalah kapasitor plat sejajar. Secara umum besar nilai kapasitansi kapasitor tanpa bahan dielektrik (hampa) dengan luas penampang A dan jarak antar plat d memenuhi persamaan :

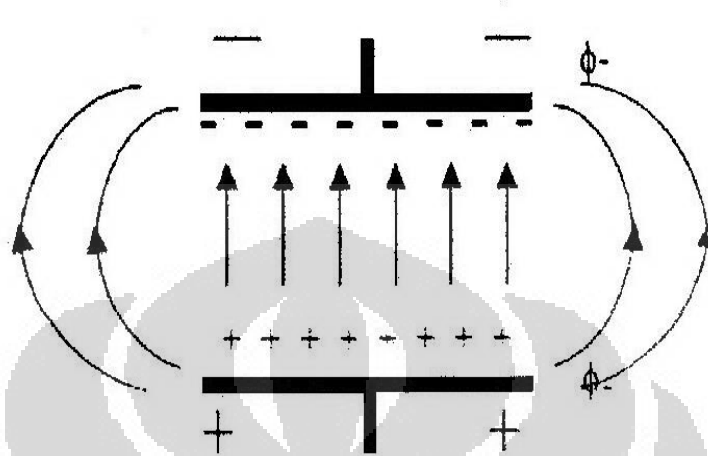
$$C_0 = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.3)$$

Dimana ϵ_0 adalah konstanta permitivitas vakum yang besarnya $8,85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$. Dengan menempatkan bahan dielektrik (ϵ_r) diantara kedua plat maka nilai kapasitansi akan meningkat. Dengan demikian persamaan yang di gunakan adalah :

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 \frac{A}{d} = \epsilon_r C_0 \quad (2.4)$$

$$\epsilon_r = \frac{C}{C_0} \quad (2.5)$$

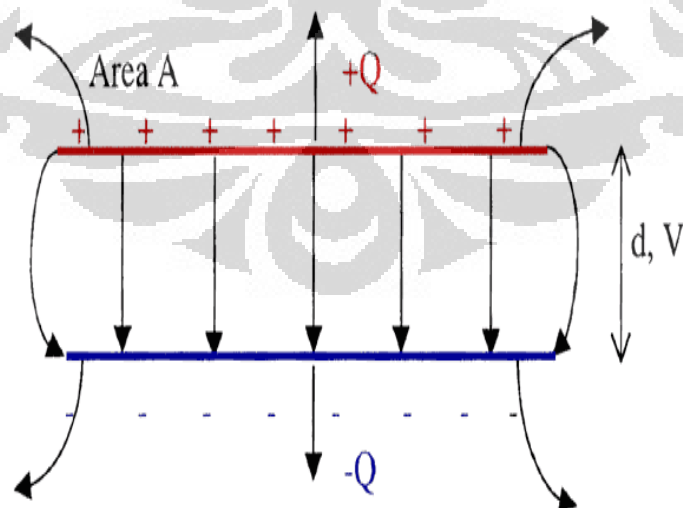
Bentuk dan arah medan listrik dalam kapasitor plat sejajar tanpa terdapat bahan dielektrik adalah sebagai berikut ;



GAMBAR 2.1 Medan listrik pada Kapasitor Plat sejajar

Arah medan listrik pada kapasitor plat sejajar akan berubah menjadi tidak uniform pada daerah tepi yang disebut efek tepi. Akibat dari efek medan tepi tertulis dalam persamaan berikut :

$$\oint E \cdot dl \neq 0 \quad (2.6)$$



GAMBAR 2.2 Efek medan tepi pada kapasitor plat sejajar

Perhitungan efek dari medan tepi sulit dilakukan maka pengaruh medan listrik pada kapasitor akibat efek medan tepi ini dapat diabaikan karena terlalu kecil.

Medan listrik dapat menimbulkan polarisasi muatan, menyebabkan molekul mempunyai momen dipol permanen. Sebaliknya polarisasi menimbulkan kerapatan muatan pada kapasitor. Hal ini dapat diketahui dengan memisahkan kedua plat kapasitor sejauh d dan diantara kedua plat diberi tegangan ΔV volt, sehingga terjadi medan listrik E .

$$E = \frac{\Delta V}{d} \quad (2.7)$$

Bila ruang diantara plat dibuat vakum, maka rapat muatan D_0 pada tiap plat sebanding dengan medan listrik E , dengan konstanta perbandingan ϵ_0 . Dapat ditulis dalam bentuk persamaan :

$$D_0 = \epsilon_0 E_0 \quad (2.8)$$

Jadi bila gradien tegangan 1 V/m, maka pada elektroda terdapat kerapatan muatan sebesar $8,85 \times 10^{-12} \text{ C/m}^2$. karena tiap elektron dapat membawa muatan sebesar $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$, rapat elektron pada elektroda adalah sebesar $55 \times 10^6 \text{ m}^{-2}$. bila diantara elektroda terdapat bahan dielektrik, maka rapat muatan pada plat tidak akan bertambah walaupun didalam bahan terjadi polarisasi. Akan tetapi medan listrik dalam kapasitor akan menurun sebesar $1/k$, akibatnya akan menurunkan tegangan pada kapasitor. Bergesernya muatan negatif bahan dielektrik ke kutub positif dan demikian sebaliknya akan bernilai sama dengan harga nilai D_0 dalam persamaan diatas dengan faktor k ,

$$D_m = k\epsilon_0 E \quad (2.9)$$

Faktor k disebut konstanta dielektrik relatif, dan D_m/D_0 rasio rapat muatan dengan dan tanpa bahan dielektrik diantara kedua plat kapasitor, konstanta dielektrik relatif merupakan sifat bahan yang digunakan sebagai dielektrik.

$$D_m = D_0 + P \quad (2.10)$$

Dengan,

$$P = (k-1)\epsilon_0 E \quad (2.11)$$

Konstanta dielektrik atau permitivitas relatif tidak memiliki satuan simbol penulisan sebagai k yang merupakan perbandingan antara permitivitas bahan dielektrik dengan permitivitas ruang hampa.

2.2 Sifat Polar Bahan Dielektrik

Setiap material tidak memiliki respon yang sama terhadap medan listrik yang diberikan. Material secara umum dibagi menjadi dua, yaitu material konduktor dan material isolator atau dielektrik. Konduktor memiliki muatan bebas dengan jumlah tidak terbatas. Sedangkan material dielektrik tidak memiliki muatan bebas karena elektron material dielektrik terikat pada atom atau molekulnya. Untuk sifat polar bahan dielektrik, ia dibagi menjadi dua bagian, yaitu dielektrik polar dan dielektrik nonpolar. Material dielektrik polar sudah memiliki momen dipol sebelum terkena pengaruh medan listrik, sedangkan molekul material dielektrik nonpolar memiliki momen dipol listrik ketika berada dalam medan listrik.

Tingkat kepolaran material dielektrik dilihat dari besarnya momen dipol dari atom atau molekul yang menyusun material tersebut. Besar momen dipol listrik dari molekul mengikuti persamaan :

$$p = q \cdot d \quad (2.12)$$

Dengan q adalah muatan listrik dan d adalah panjang lengan dipol. Jika material dielektrik diberikan medan listrik eksternal, maka dipol – dipol akan mengalami gaya yang berlawanan sehingga dipol – dipol listrik tersebut mengalami torka yang mengikuti persamaan berikut :

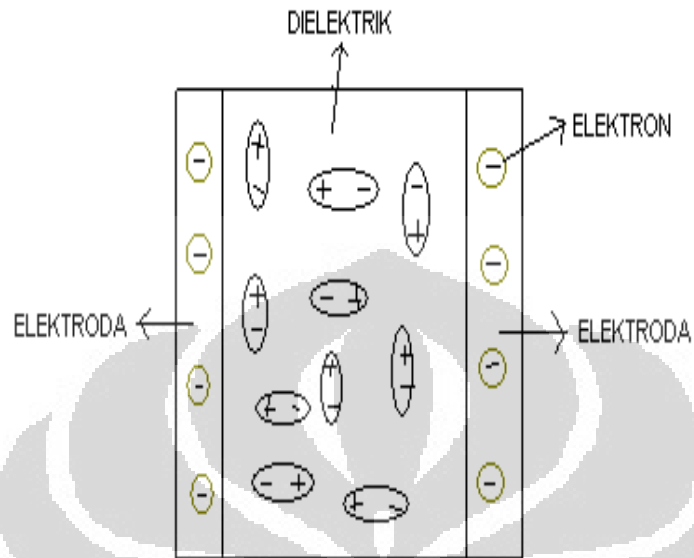
$$N = p \times E \quad (2.13)$$

Dengan N merupakan torka yang terjadi pada dipol – dipol listrik.

Tanpa medan listrik eksternal, material dielektrik nonpolar tidak terdapat dipol. Bila material dielektrik nonpolar diberi medan listrik eksternal, maka atom atau molekul material tersebut akan membentuk dipol – dipol yang arahnya sesuai dengan medan listrik eksternal.

Material polar memiliki dipol – dipol sebelum diberi medan listrik eksternal tetapi arahnya acak sehingga tidak menimbulkan polarisasi material dielektrik tersebut. Ketika

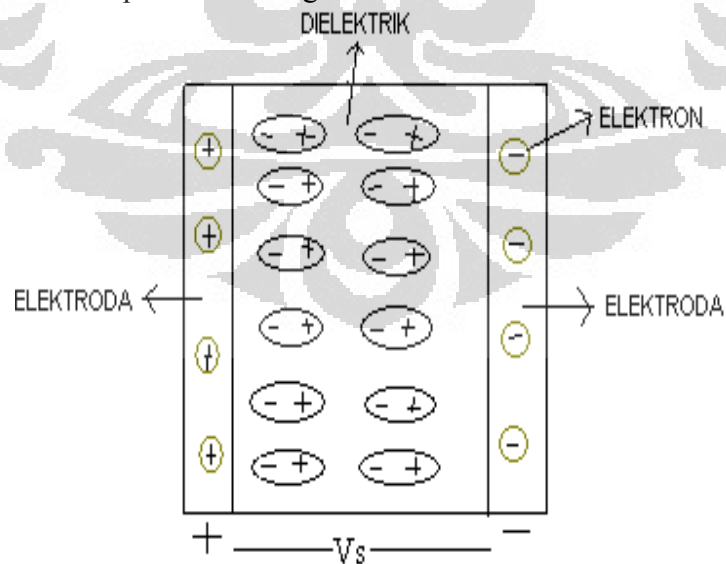
material dielektrik polar diberi medan listrik eksternal, maka dipol – dipol tersebut akan merubah arahnya searah dengan medan listrik eksternal tersebut (kurniawati, Lilis, 1998).



Gambar 2. 3

Arah dipol – dipol listrik sebelum diberi medan listrik

Penggunaan material dielektrik polar dalam kapasitor plat sejajar akan membuat harga kapasitansi meningkat setelah diberi medan listrik eksternal dan mencapai harga konstan setelah semua dipol searah dengan arah medan listrik eksternal.

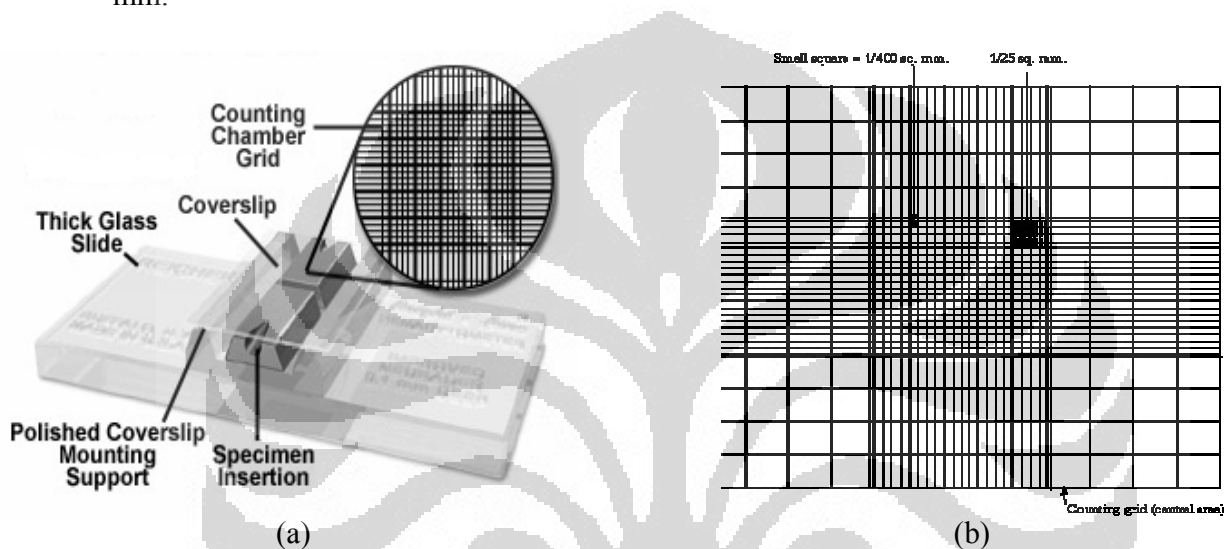


Gambar 2. 4

Arah dipol – dipol listrik sejajar setelah diberi medan listrik

2.3 Kamar Hitung Improved Neubauer

Alat ini terbuat dari gelas dan pada ruang penghitung terdapat 9 kotak, masing – masing berukuran 1 mm^2 . Kotak dibagian tengah terbagi lagi menjadi 25 kotak besar yang masing – masing terbagi menjadi 16 bagian kotak kecil, sehingga jumlah kotak bagian tengah ada 400 buah. Adapun untuk kedalaman sampel didalam kotak adalah 0,1 mm.



Gambar 2. 5

(a) Kamar Hitung Improved Neubouer (www.mymicroscopy.com)

(b) Skematik Grid pada Kamar hitung (www.ruf.rice.edu)

2.4 Karakteristik Spora *Aspergillus niger*

Aspergillus termasuk kedalam divisi Ascomycotina, dengan ciri talus yang terdiri dari miselium yang berseptata. Anggota genus ini ada yang hidup sebagai saproba (dalam tanah, kayu yang membusuk) atau sebagai parasit, yang menyebabkan berbagai penyakit. Namun demikian ada juga yang bermanfaat bagi manusia.

Genus yang termasuk kedalam kelas Plectomycetes ini ada dua, yaitu yaitu genus *Aspergillus* dan *Penicillium*. Reproduksi aseksual kedua kapang ini adalah dengan pembentukan konidium dalam rantai pada konidiofor. Sedangkan raproduksi seksualnya

dengan spora yang dibentuk didalam askus. Askus – askus tersebut terbentuk didalam suatu badan yang disebut askokarp.

Genus *Aspergillus* memiliki beberapa spesies, diantaranya :

a. Bersifat Parasit

1. *Aspergillus fumigatus*, yang menyebabkan penyakit pada saluran pernapasan bangsa unggas
2. *Aspergillus nidulan*, yang menyebabkan penyakit pada telinga

b. Bersifat Saprofit

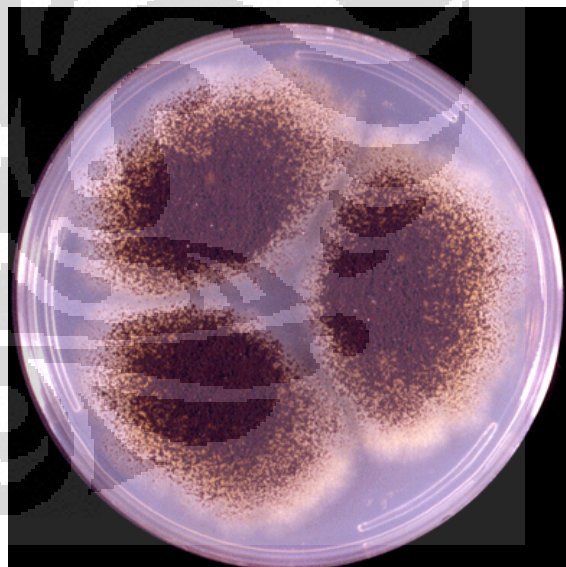
1. *Aspergillus flavus*, kapang ini banyak terdapat pada kacang tanah atau makanan yang dibuat darinya.

c. Bermanfaat bagi manusia

1. *Aspergillus niger*, menghasilkan asam sitrat.
2. *Aspergillus oryzae*, untuk merombak zat pati dalam pembuatan minuman beralkohol.
3. *Aspergillus soyae*, untuk pembuatan kecap.



(a)



(b)

Gambar 2. 6

- (a) *Aspergillus niger* (www.treehugger.com)
(b) Koloni *Aspergillus niger* (www.mycology.com)

Aspergillus niger diantaranya digunakan secara komersial dalam produksi asam sitrat, asam glukonat dan pembuatan beberapa enzim seperti amilase, pektinase, amiloglukosidase dan sellulase. *Aspergillus niger* dapat tumbuh pada suhu 35°C - 37°C (optimum), 6°C - 8°C (minimum), 45°C - 47°C (maksimum) dan memerlukan oksigen yang cukup (aerobik). *Aspergillus niger* memiliki ukuran spora berkisar pada 3,5 – 5,0 µm (Ganjar, I. Et al, 1999). Kepala konidia berwarna hitam, bulat, cenderung memisah menjadi bagian-bagian yang lebih longgar dengan bertambahnya umur. Konidiospora memiliki dinding yang halus, hialin tetapi juga berwarna coklat.

Aspergillus niger memerlukan mineral $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KH_2PO_4 , MgSO_4 , urea, $\text{CaCl}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, FeSO_4 , $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ untuk menghasilkan enzim sellulase. Sedangkan untuk enzim amilase khususnya amilogukosa diperlukan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Bahan organik dengan kandungan nitrogen tinggi dapat didekomposisi lebih cepat dari pada bahan organik yang rendah kandungan nitrogennya pada tahap awal dekomposisi. Tahap selanjutnya bahan organik yang rendah kandungan nitrogennya dapat dikomposisi lebih cepat daripada bahan organik dengan kandungan nitrogen tinggi. Penurunan bahan organik sebagai sumber karbon dan nitrogen disebabkan oleh *Aspergillus niger* sebagai sumber energinya untuk bahan pokok pertumbuhan.

Aspergillus niger dalam pertumbuhannya berhubungan langsung dengan zat makanan yang terdapat dalam substrat, molekul sederhana yang terdapat disekeliling hifa dapat langsung diserap sedangkan molekul yang lebih kompleks harus dipecah dahulu sebelum diserap ke dalam sel, dengan menghasilkan beberapa enzim ekstra seluler. Bahan organik dari substrat digunakan oleh *Aspergillus niger* untuk aktivitas transport molekul dan pemeliharaan struktur sel (Permimalang.wordpress.com, 2008/05/13)

BAB 3

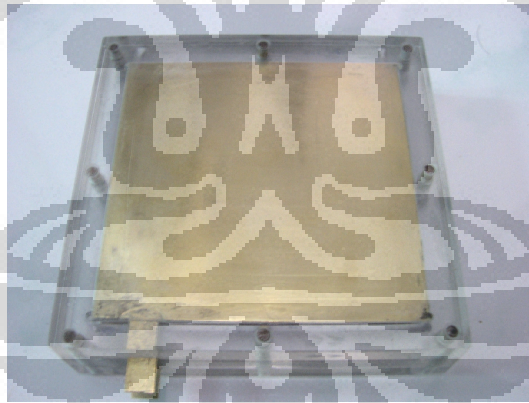
EKSPERIMEN

3.1 Peralatan

3.1.1 Kapasitor

Kapasitor yang digunakan dalam eksperimen ini adalah kapasitor plat sejajar yang dirancang untuk mengukur harga kapasitansi cairan. Kapasitor tersebut dibuat menggunakan plat kuningan yang bersifat konduktor dengan luas 100 cm^2 dan ketebalan 1 mm dan dipisahkan oleh sebuah sekat yang terbuat dari bahan acrylic dengan ketebalan 10 mm. jarak antar kedua plat kuningan adalah 10 mm. sedangkan untuk memasukkan cairan kedalam kapasitor, dibuatkan dua buah lubang dengan diameter kira-kira 3 mm. Lubang yang satu berfungsi sebagai tempat masuknya cairan, dan yang satu lagi untuk membuang udara sehingga cairan dapat masuk kedalam kapasitor dengan mudah.

Kapasitor yang digunakan harus dapat menahan cairan agar tidak tumpah keluar, jika sedikit saja cairan keluar dari kapasitor, maka ia akan dapat mempengaruhi harga kapasitansi yang terukur pada kapasitometer.



Gambar 3. 1. Kapasitor (tampak dari atas)

3.1.2 Alat Pengukur Kapasitansi

Pengukuran harga kapasitansi pada kapasitor ini dengan menghubungkan elektroda pada dua plat kapasitor yang terbuat dari kuningan dengan kabel dari kapasitometer. Harga kapasitansi yang terukur pada alat ukur (kapasitometer) ini berkisar antara orde piko Farad sampai mili Farad. Alat ukur kapasitansi yang digunakan ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3. 2. Kapasitometer

3. 1. 3 Metode Kalibrasi Kapasitor

Penelitian yang dilakukan menggunakan alat yang dirancang sendiri dengan segala kekurangan dan kelebihan. Untuk itu perlu dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dan di uji apakah alat ini cukup memenuhi syarat. Kapasitor yang dibuat sederhana ini, tidak dilengkapi dengan instrument untuk kalibrasi. Sehingga kalibrasi terhadap nilai yang diperoleh dilakukan secara manual, disesuaikan dengan konstruksi alat.

Kalibrasi dilakukan dengan mengukur konstanta dielektrik udara pada temperatur ruang kemudian dibandingkan dengan literature. Perhitungan konstanta dielektrik menggunakan persamaan 2. 4 dan 2. 5 :

Pengukuran harga kapasitansi kapasitor udara (C) adalah $(9,60 \pm 0,48)$ pF. Jika dibandingkan dengan nilai kapasitansi teoritik yang besarnya sekitar 9 pF didapat nilai konstanta dielektrik sebesar $(1,067 \pm 0,053)$. Sedangkan nilai konstanta dielektrik udara pada suhu kamar adalah 1,00059. Dengan melihat data tersebut maka dapat disimpulkan bahwa harga kesalahan relative alat sekitar 6,6% dan alat kapasitor yang dibuat secara manual ini dapat dikatakan layak untuk digunakan didalam eksperimen.

3. 1. 4 Autoclave

Kunci dasar yang harus diingat ketika bekerja dengan mikroorganisme, apalagi yang bersifat patogen adalah sterilisasi. Sterilisasi dilakukan terhadap alat dan bahan, baik sebelum dilakukan eksperimen maupun sesudah eksperimen. Ada banyak jenis alat untuk sterilisasi, baik sterilisasi kering maupun basah, seperti oven (sterilisator udara panas), autoclave, api, sterilisator uap dan sebagainya. Pada eksperimen ini digunakan autoclave. Alat ini bekerja pada temperature 121 °C dan tekanan 2 atm selama 15 menit. Proses sterilisasi tersebut dimaksudkan untuk membunuh/menghancurkan seluruh organisme yang hidup di dalam peralatan dan bahan yang digunakan. Autoclave yang digunakan adalah jenis DSK 6508 keluaran Ogawa Seiki Co. Ltd.

3. 1. 5 Peralatan Pendukung

Peralatan pendukung ini, digunakan untuk menghitung jumlah sel dengan metode kamar hitung Improve Neubauer dan juga untuk melakukan penanaman spora. Peralatan pendukung tersebut adalah :

1. Peralatan gelas : labu Erlenmeyer, tabung reaksi, pipet 1 mL dan 10 mL
2. Fine pipet
3. Jarum tanam (ose)
4. Lampu spiritus
5. Jarum suntik untuk memasukan cairan kedalam kapasitor
6. Dropping bottle
7. Mikroskop
8. AC ruangan



(a) tabung reaksi



(b) mikroskop



(c) Erlenmeyer

Gambar 3. 3. Beberapa peralatan pendukung

3.2 Pembuatan Medium

Medium merupakan tempat sel atau mikroorganisme tumbuh dan berkembang. Medium harus mengandung semua zat yang diperlukan untuk pertumbuhan sel atau mikroorganisme. Setiap medium berfungsi spesifik untuk sel atau mikroorganisme yang ditanam ke medium tersebut. Zat – zat yang terdapat didalam medium antara lain ; senyawa organik (seperti protein, karbohidrat dan lemak) mineral dan vitamin (Crisitian, Paul, 2004).

Penggolongan medium menurut bahan yang digunakan :

1. medium alamiah atau substrat
2. medium semi alamiah
3. medium buatan atau sintetis

Penggolongan medium menurut kegunaannya :

1. medium umum
2. medium selektif
3. medium diferensial
4. medium perkayaan (enrichment medium)

Penggolongan medium menurut fisiknya :

1. medium padat (agar)
2. medium cair (broth)

Medium yang digunakan dalam penelitian ini adalah Potatoes Dextrose Agar (PDA). PDA digunakan untuk menumbuhkan atau mengidentifikasi yeast dan kapang. Dapat juga digunakan untuk enumerasi yeast dan kapang dalam suatu sampel atau produk makanan. PDA mengandung sumber karbohidrat dalam jumlah cukup yaitu dalam 1 liter terdiri dari 4,0 gram ekstrak kentang dan 20,0 gram dextrose dan 15,0 gram agar. Medium PDA baik untuk pertumbuhan kapang dan khamir tetapi kurang baik untuk pertumbuhan bakteri. Cara membuat PDA adalah mensuspensikan 39 g media dalam 1 liter air yang telah didestilasi. Dicampur dan dipanaskan serta di aduk. Dididihkan selama 1 menit untuk melarutkan media secara sempurna. Sterilisasi pada suhu 121°C selama 15 menit. Didinginkan hingga suhu 40-45°C dan kemudian dituang kedalam cawan petri dengan pH akhir $5,6 \pm 0,2$.

3.3 Cara Kerja

3.3.1 Preparasi Sampel

Setiap pekerjaan dalam mikrobiologi selalu merupakan kompromi antara ketelitian dan kecepatan kerja. Apabila pekerjaan dilakukan secara lambat akan memakan waktu dan mengakibatkan bahan yang akan diamati lama berhubungan dengan udara. Hal ini akan memperbesar kemungkinan terjadinya kontaminasi. Pada pelaksanaan eksperimen ini, harus disiapkan spora *Aspergillus niger* dalam jumlah yang cukup. Medium tempat hidupnya harus terus diperbaharui secara berkala.

Medium PDA dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 mL dan disterilisasi dengan autoclave. Setelah dikeluarkan dari autoklaf, Erlenmeyer yang sudah berisi PDA tersebut segera diletakkan dalam kondisi normal sampai medium tersebut membeku. Selanjutnya dilakukan pemindahan biakan kultur murni spora *Aspergillus niger* kedalam Erlenmeyer yang sudah berisi PDA padat tersebut menggunakan jarum ose yang sudah disterilkan, dan diinkubasi selama sekitar 5 – 7 hari pada suhu kamar (25 °C -27 °C).

3.3.2 Pengambilan Data

1. Pengukuran kapasitansi udara, air, dan kertas saring

Peralatan kapasitor dengan dielektrik suspensi yang telah dibuat harus dianalisis terlebih dahulu dan dikalibrasi, baru kemudian digunakan untuk menghitung, mencari korelasi dan menganalisis data.

Untuk itu dihitung kapasitansi dari bahan dielektrik yang berbeda yang telah diketahui nilainya yaitu : udara, air dan kertas saring. Perhitungan kapasitansi tersebut menggunakan alat kapasitometer.

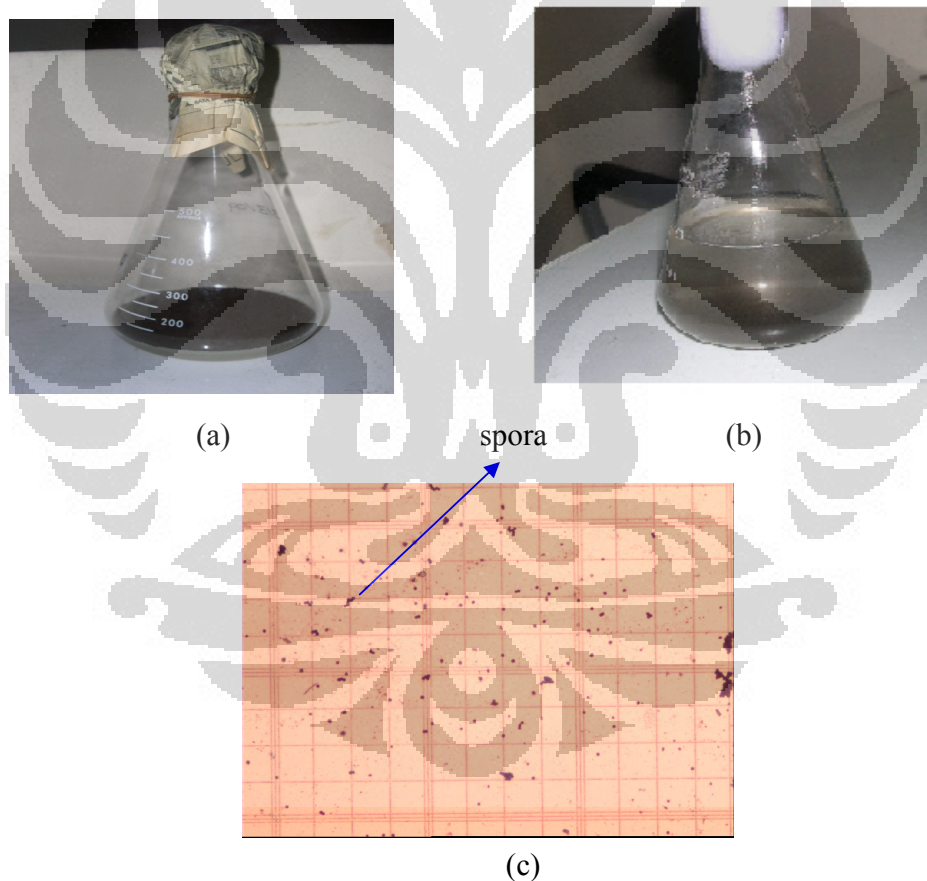
2. Metode Kamar Hitung Improved Neubauer

Untuk pengambilan data kapasitansi menggunakan suspensi secara langsung maupun menggunakan kertas saring, terlebih dahulu dihitung jumlah spora menggunakan metode kamar hitung. Adapun tahapan pengambilan data menggunakan kamar hitung Improved Neubauer adalah sebagai berikut :

1. Spora yang sudah dikultur dan diinkubasi selama 6 – 7 hari diambil dengan cara mencampurnya dengan aquades 130 mL, kemudian dikocok agar

sporanya rontok. Setelah itu larutan campuran spora dan aquades tersebut dipindahkan ke Erlenmeyer 250 mL. Dan ini disebut sebagai larutan induk 10^0 .

2. Kemudian dilakukan pengenceran sampai 10^{-6} . Larutan yang di gunakan untuk perhitungan adalah pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} . Kedua larutan ini dijadikan sebagai patokan didalam penentuan harga kapasitasansi persel Spora *Aspergillus niger*.
3. Dari kedua larutan tersebut diambil 1 mL untuk diteteskan pada kamar hitung improved neubauer yang kemudian kita hitung langsung dengan bantuan mikroskop dengan perbesaran 10 - 40 kali.



Gambar 3. 4

- (a) Spora yang masih dikultur
- (b) Larutan / suspensi induk
- (c) Spora yang terlihat pada kamar hitung perbesaran 100 X

3. Metoda kapasitansi

a. Pengukuran kapasitansi menggunakan suspensi (cairan) langsung

1. Disiapkan 6 buah Erlenmeyer yang sudah berisi aquades sebanyak 117 mL dan diberi label 10^{-1} , 10^{-2} dan seterusnya sampai 10^{-6} . Label – label tersebut menunjukkan tingkat pengenceran.
2. Kemudian suspensi (spora + aquades) diambil dari larutan induk sebanyak 13 mL yang kemudian dicampurkan dengan Erlenmeyer yang berlabel 10^{-1} . dan ini disebut pengenceran tingkat pertama atau 1/10 dari larutan induk.
3. Setelah larutan pada pengenceran 10^{-1} bercampur, kemudian larutan tersebut kita kocok. Setelah dikocok, diambil 13 mL lagi untuk pengenceran 10^{-2} . Semua proses tersebut diulang sampai pengenceran 10^{-6} .
4. Setelah semua proses pengenceran selesai, baru diukur nilai kapasitansi listrik tiap larutan yang sudah diencerkan.

b. Pengukuran kapasitansi menggunakan kertas saring

1. Disiapkan 6 buah tabung reaksi yang sudah berisi aquades sebanyak 9 mL dan diberi label 10^{-1} , 10^{-2} dan seterusnya sampai 10^{-6} . Label – label tersebut menunjukkan tingkat pengenceran.
2. Kemudian suspensi (spora + aquades) diambil dari larutan induk sebanyak 1 mL yang kemudian dicampurkan dengan Erlenmeyer yang berlabel 10^{-1} . dan ini disebut pengenceran tingkat pertama atau 1/10 dari larutan induk.
3. Setelah larutan pada pengenceran 10^{-1} bercampur, kemudian larutan tersebut dikocok. Setelah dikocok, diambil 1 mL lagi untuk pengenceran 10^{-2} . dan semua proses tersebut diulang sampai pengenceran 10^{-6} .
4. Setelah semua proses pengenceran selesai. Larutan untuk pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} diambil 1 mL dari tiap tabung guna dihitung jumlah sporanya menggunakan kamar hitung Improved Neubauer. Sedangkan sisa larutan

tersebut dan pengenceran yang lainnya dituang di atas kertas saring. Didiamkan beberapa detik, kemudian diukur nilai kapasitansi listriknya.

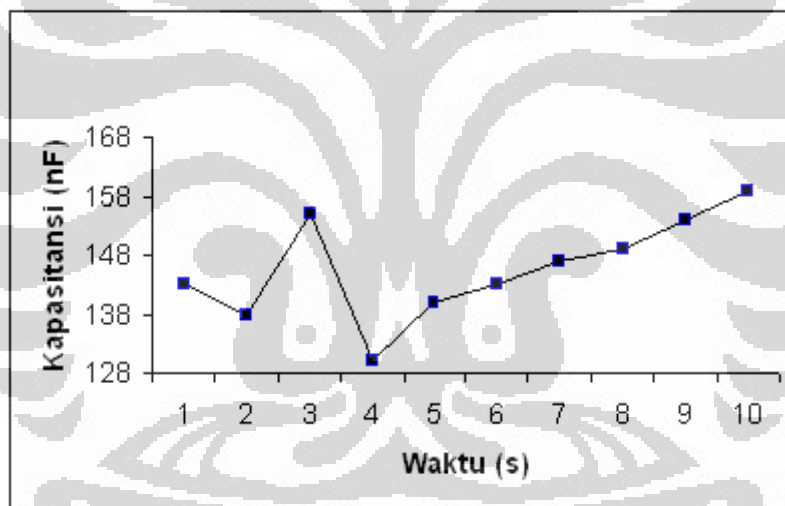


BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

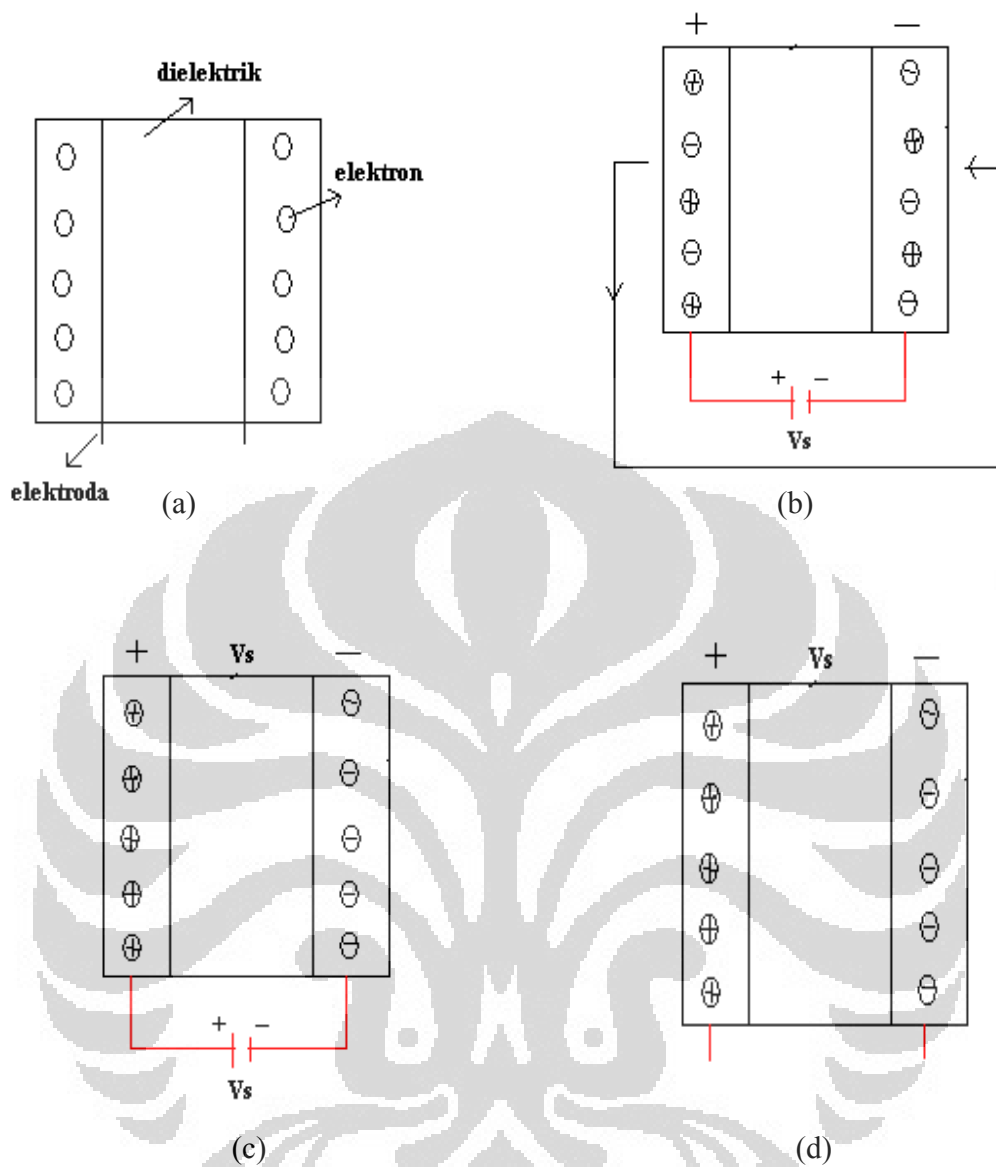
4.1 Analisis Kapasitor

Sebelum dimulai pengukuran kapasitansi cairan, dilakukan terlebih dahulu pengukuran pada detik – detik pertama. Hal ini dilakukan untuk membuktikan kembali, apakah benar bahwa karakter dari bahan dielektrik cairan yang diukur tidak sama dengan pengukuran kapasitor pada umumnya. Pada gambar 4. 1 terlihat bahwa nilai kapasitansi mengalami deviasi terhadap waktu pada detik – detik awal pengukuran yang kemudian stabil. Bahkan tidak jarang sulit diperoleh nilai kapasitansi yang benar – benar stabil, dan terkadang berada pada suatu kisaran harga tertentu. Apa yang sebenarnya terjadi pada saat kapasitor dihubungkan dengan beda potensial tertentu ?.



Gambar 4. 1. Kapasitansi Aquades

Dalam keadaan netral, kedua plat kapasitor memiliki jumlah electron bebas yang sama, sebagaimana yang diindikasikan dalam gambar 4. 1. Ketika kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan yang melalui kapasitor, seperti dalam gambar 4 . 2(b), electron berpindah dari plat A, dan dengan jumlah yang sama terjadi deposisi pada plat B. Sebagaimana plat A kehilangan electron maka plat B akan bertambah elektronnya, plat A menjadi positif terhadap B.



Gambar. 4. 2 Ilustrasi penyimpanan muatan pada kapasitor
(Mauleny, Ariesi Tri, 1998)

- (a) Kapasitor netral
- (b) Arah panah menunjukkan arah Elektron bergerak
- (c) Kapasitor bermuatan sebesar V_s
- (d) Sumber tegangan diputus

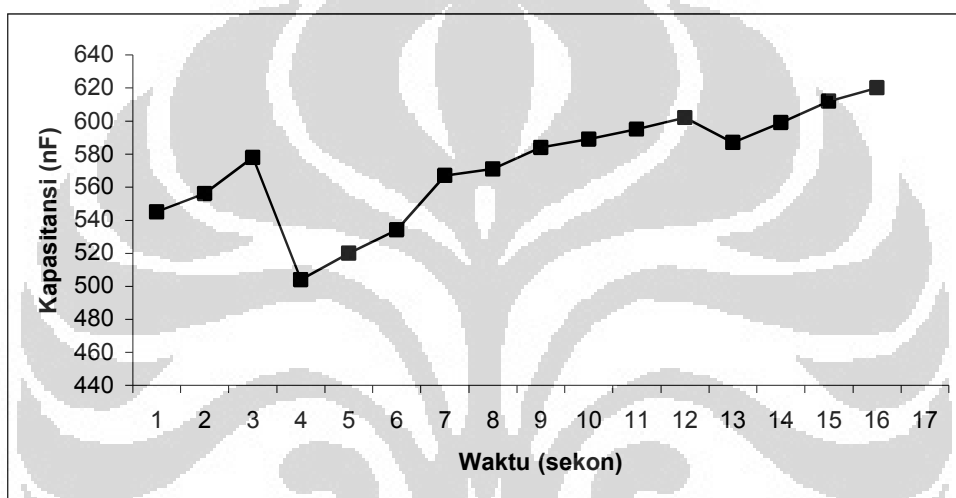
Elektron akan terus mengalir selama proses penyimpanan muatan ini berlangsung, atau selama kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan. Gerakan electron terhenti ketika tegangan melewati kapasitor sama dengan tegangan sumber, diperlihatkan dalam

gambar 4. 2 (b). jika hubungan antara kapasitor dengan sumber tegangan diputus, muatan yang tersimpan dalam kapasitor pada periode waktu tertentu akan dilepaskan.

Hal yang sama terjadi ketika suspensi sel (spora) yang digunakan sebagai bahan dielektrik kapasitor. Hanya saja arus listrik yang mengalir setelah diberikan beda potensial tertentu pada kapasitor, akan menginduksi medan listrik di dalam sitoplasma. Besarnya medan listrik induksi tersebut adalah sebanding dengan ;

$$E = I\rho \quad (4.1)$$

Dimana I adalah densitas arus dan ρ adalah resistivitas sitoplasma.



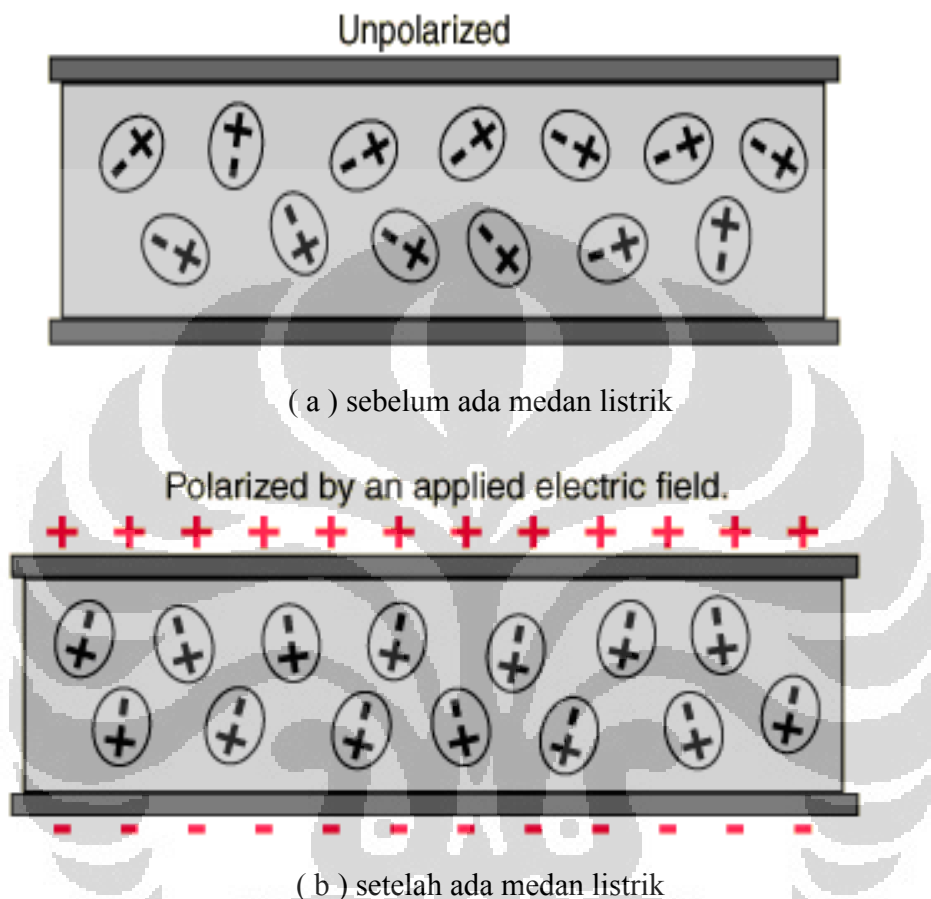
Gambar 4. 3. Kapasitansi Spora + Aquades versus waktu

Medan listrik ini juga dapat mengakibatkan perbedaan konsentrasi ion – ion lokal, sehingga menimbulkan perubahan struktur maupun aktivasi atau inaktivasi enzim dan hormon. Gaya yang dihasilkan oleh medan listrik besarnya sebanding dengan ;

$$F = qE \quad (4.2)$$

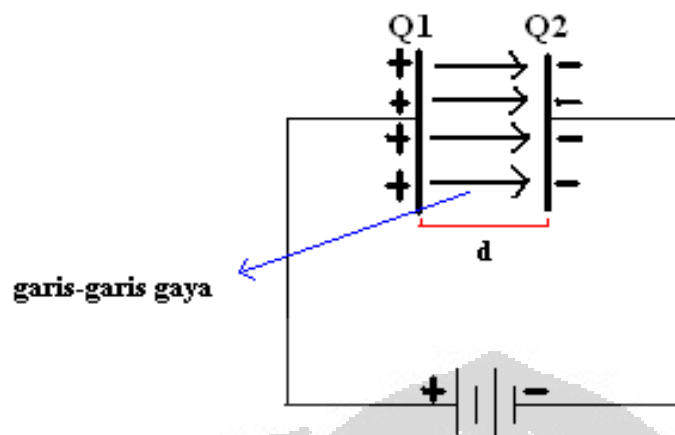
Sebagian besar komponen makromolekul pembentuk sel adalah jenis molekul polar, seperti H_2O , CO_2 , NH_3 - dan sebagainya. Tanpa medan listrik, molekul polar mempunyai dipole permanent yang tersusun secara acak. Jika diberikan medan listrik, gaya listrik sebuah dipole akan menghasilkan kopel dimana arah kopel sama dengan arah medan listrik eksternal. Karena pengaruh medan listrik eksternal akan menimbulkan kelebihan muatan yaitu muatan positif dan negative pada masing – masing dielektrik. Muatan inilah yang menghasilkan muatan induksi pada permukaan sel dan medium.

Sebenarnya, perbedaan molekul penyusun sel dan medium (konstanta dielektrik) juga dapat menimbulkan medan listrik local diantara keduanya.



Gambar 4. 4 Ilustrasi ion pada suspensi sel (www.hyperphysics.phy-gsu.edu)

Kapasitor menyimpan energi dalam bentuk medan listrik yang digunakan sebagai muatan berlawanan pada kedua plat kapasitor. Medan listrik didefinisikan sebagai garis gaya diantara muatan positif dan negative yang terkonsentrasi dalam dielektrik, seperti diperlihatkan dalam gambar 4. 5 berikut :



Gambar 4. 5. Energi yang tersimpan dalam kapasitor

Gambar 4. 5 memperlihatkan bahwa muatan – muatan berlawanan pada plat kapasitor membentuk banyak garis – garis gaya, dalam pengertian medan listrik yang tersimpan didalam dielektrik. Sementara besarnya gaya antara dua muatan tertentu ditentukan dengan persamaan :

$$F = k \frac{Q_1 \cdot Q_2}{d^2} \quad (4.3)$$

Semakin besar gaya yang terjadi diantara muatan – muatan pada plat kapasitor, semakin besar energi yang tersimpan. Jumlah energi yang tersimpan terhubung langsung dengan tegangan dan kapasitansi. Jumlah energi yang tersimpan juga bergantung pada kuadrat tegangan yang melalui plat kapasitor. Sedangkan persamaan yang menggambarkan energi yang tersimpan dalam kapasitor adalah :

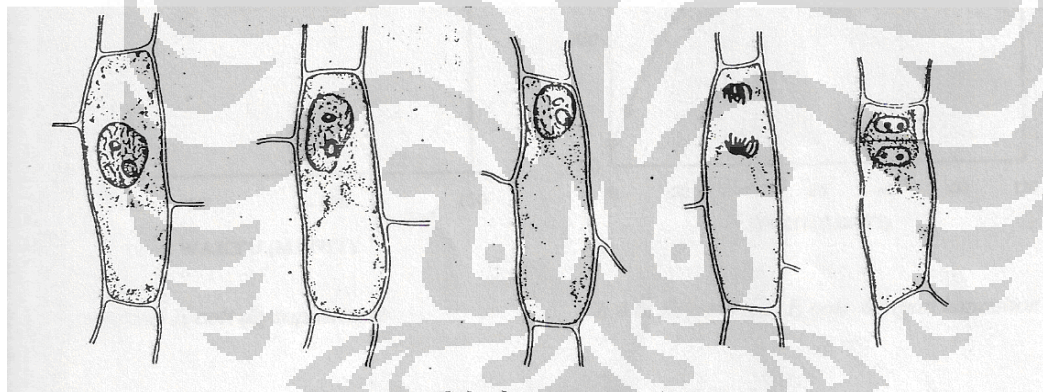
$$W = \frac{1}{2} CV^2 \quad (4.4)$$

Suatu besaran lain yang mempengaruhi harga kapasitansi adalah koefisien temperature. Koefisien temperature menyatakan besar dan perubahan harga kapasitansi terhadap temperature. Koefisien temperature positif jika kenaikan atau penurunan temperature diikuti dengan kenaikan atau penurunan kapasitansi. Koefisien temperature bernilai negative jika kenaikan temperatur justru menyebabkan penurunan nilai kapasitansi. Jadi temperature sangat mempengaruhi nilai kapasitansi.

Pada pengukuran kapasitansi suspensi spora *Aspergillus niger*, kenaikan temperature menyebabkan kenaikan harga kapasitansi. Hanya saja temperature pada eksperimen ini dijaga konstan pada 24 – 25°C.

Ketika sinyal listrik di aplikasikan pada kapasitor, momen – momen dipole bahan dielektrik yang terdapat antar plat kapasitor akan terdistribusi pada arah tertentu yang sesuai dengan garis – garis gaya yang dihasilkan. Sel juga merupakan system polar. Dalam teori tentang bagaimana bentuk organisme, dapat dihubungkan dengan polaritas dan sumbu polaritas yang menempati posisi netral.

Polaritas yang terdapat pada sel, berkaitan erat dengan pembelahan yang terjadi pada sel. Pembelahan sel yang berkaitan dengan polaritas yang terbentuk, diilustrasikan pada gambar 4. 6 dibawah ini. Hal ini menghasilkan hipotesa bahwa medan listrik yang ditimbulkan oleh beda potensial yang diberikan ke kapasitor akan mempengaruhi polaritas sel.



Gambar 4. 6. Sel sebagai system polar

4. 2. Kapasitansi Spora *Aspergillus niger*

Pada saat eksperimen, perlu diketahui terlebih dahulu bagaimana nilai kapasitansi bervariasi terhadap waktu pada detik – detik awal. Eksperimen dilakukan dengan dua metode, yaitu metode pengukuran suspensi langsung dan metode pengukuran suspensi sel yang disaring terlebih dahulu menggunakan kertas saring. Eksperimen dilakukan pada suhu yang dijaga konstan yaitu sekitar 24 – 25°C.

4. 2. 1 Nilai Kapasitansi Spora *Aspergillus niger* dengan Metode Cairan

Perhitungan nilai kasitansi spora ini tidak dapat dilakukan secara langsung menggunakan kapasitor. Melainkan harus melalui proses pendekatan terlebih dahulu.

$$C_{PDA+Aq+spora} \square C_{PDA+Aq} + C_{spora} \quad (4. 5)$$

Dimana,

$C_{PDA+Aq+spora}$ = nilai kapasitansi medium PDA + aquades + spora

C_{PDA+Aq} = nilai kapasitansi medium PDA + aquades

C_{spora} = nilai kapasitansi spora

C_{PDA} = nilai kapasitansi medium PDA

C_{Aq} = nilai kapasitansi aquades

$$C_{PDA+Aq+spora} \square C_{PDA} + C_{Aq} + C_{spora} \quad (4. 6)$$

Karena medium yang digunakan padat dan pada saat proses perontokkan hanya spora yang terambil, maka nilai kapasitansi medium PDA tidak terukur, atau dapat dikatakan nol. Dengan demikian pendekatan yang terbentuk menjadi :

$$C_{Aq+spora} \square C_{Aq} + C_{spora} \quad (4. 7)$$

Karena dalam eksperimen yang terukur adalah nilai kapasitansi aquades dan aquades + spora, maka kapasitansi spora dapat kita hitung dengan pendekatan persamaan :

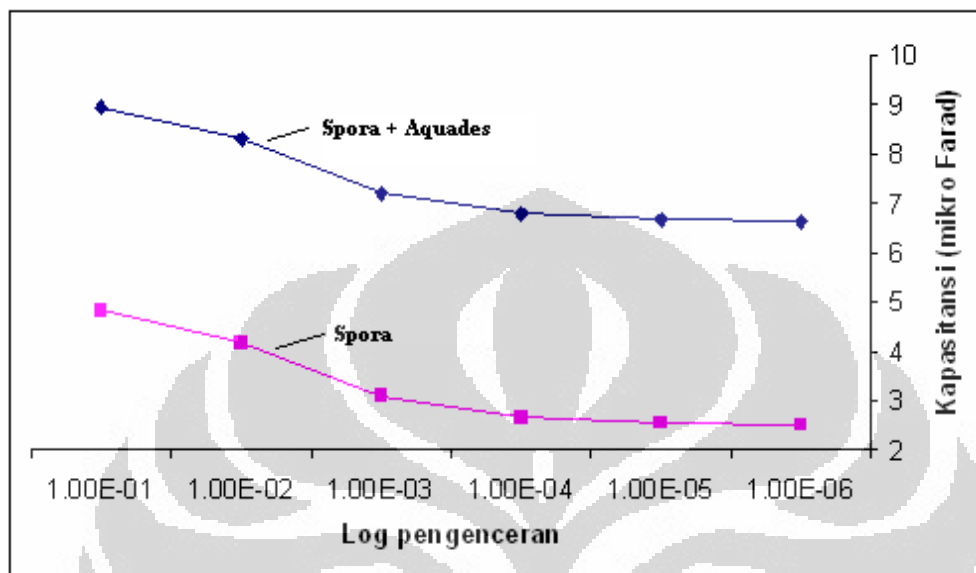
$$C_{spora} \square C_{Aq+spora} - C_{Aq} \quad (4. 8)$$

Harga kapasitansi yang diperoleh melalui pendekatan diatas bukan merupakan harga kapasitansi untuk satu sel, melainkan harga kapasitansi dari larutan yang berisi spora yang memiliki jumlah tertentu. Jumlah spora yang diketahui juga merupakan harga pendekatan.

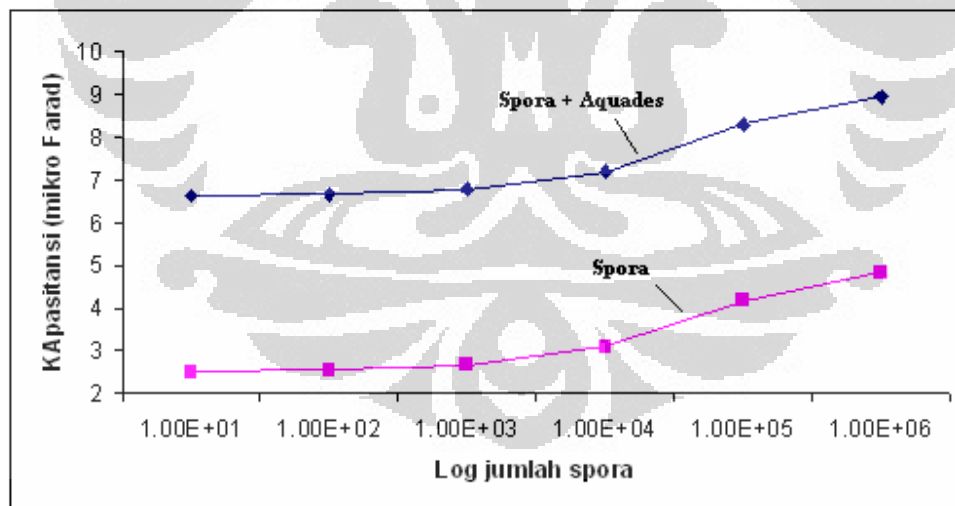
Hasil pengukuran kapasitansi spora *Aspergillus niger* menunjukkan bahwa harga kapasitansi berbanding lurus dengan jumlah sel dan berbanding terbalik dengan tingkat pengenceran.

$$\text{Kapasitansi} \sim \text{jumlah sel} \sim \frac{1}{\text{Pengenceran}}$$

Nilai kapasitansi yang diperoleh untuk spora *Aspergillus niger* yang berhubungan dengan tingkat pengenceran dan nilai kapasitansi *Aspergillus niger* dengan jumlah spora ditunjukkan dalam gambar berikut.



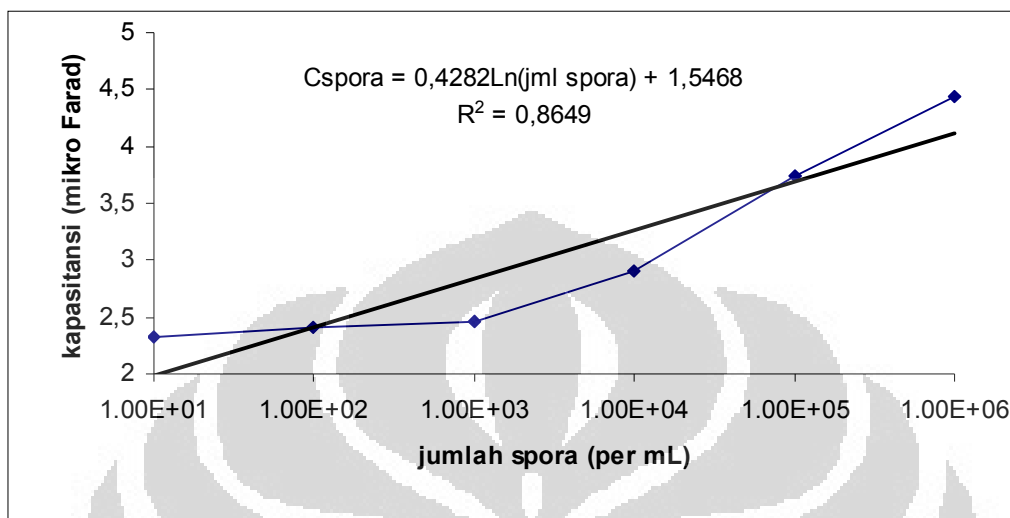
Gambar 4. 7. Grafik Kapasitansi Spora terhadap pengenceran



4. 8. Grafik Kapasitansi sebagai fungsi logaritma jumlah spora

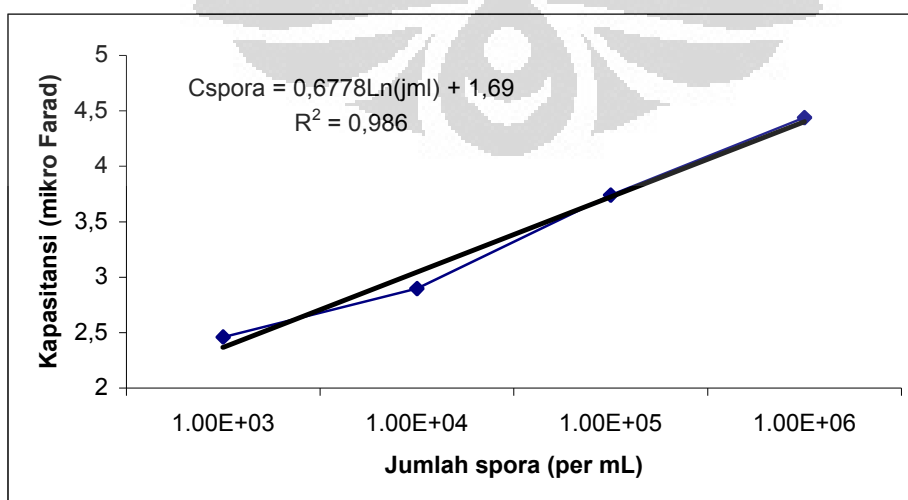
Dari gambar grafik tersebut, jumlah spora dapat ditentukan dengan membuat grafik yang menghubungkan jumlah spora dengan nilai kapasitansi sebagai fungsi

logaritma. Dimana fungsi logaritma merupakan fungsi linier dari jumlah spora. Kurva yang menghubungkan jumlah spora dengan nilai kapasitansi spora ditunjukkan dalam gambar berikut.



Gambar 4. 9. Grafik kapasitansi sebagai fungsi logaritma jumlah spora

Dari grafik diatas jelas terlihat bahwa nilai kapasitansi yang mewakili jumlah spora dapat dilihat ketika jumlah spora lebih dari 10^3 spora, karena untuk jumlah spora yang kurang dari 10^3 harga kapasitansinya tidak begitu berbeda signifikan hal ini mungkin disebabkan karen alat yang dibuat kurang sensitif untuk jumlah spora tersebut. Dengan demikian kita dapat merekonstruksi langsung persamaan yang mewakili nilai kapasitansi terhadap jumlah spora yaitu untuk jumlah spora lebih dari 10^3 spora.



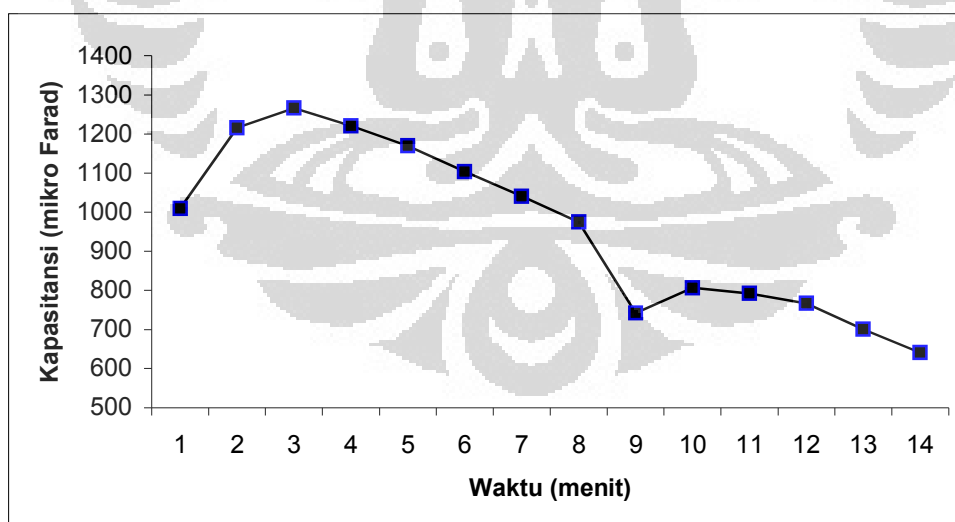
Gambar. 4. 10. Grafik kapasitansi versus jumlah spora lebih dari 10^3 spora

4. 2. 2 Nilai Kapasitansi Spora *Aspergillus niger* dengan Metode Kertas Saring

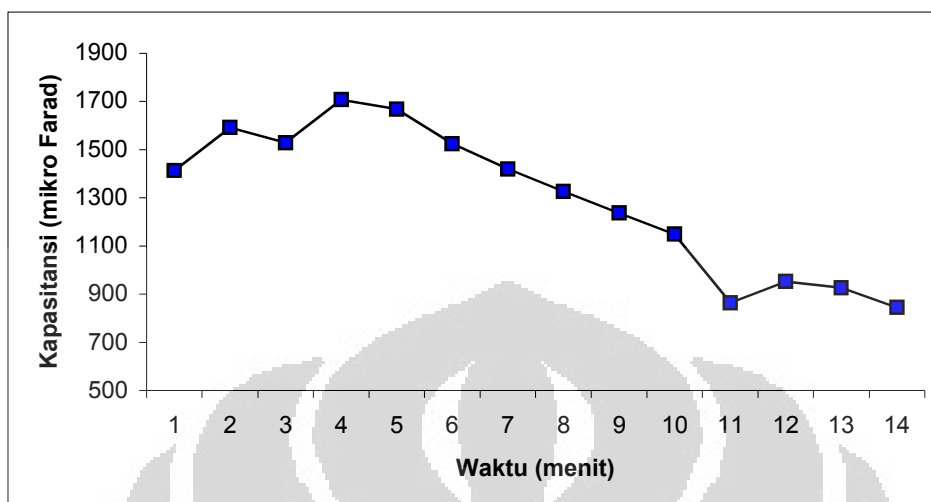
Dengan mengukur suspensi spora secara langsung harga kapasitansi per sel spora *Aspergillus niger* sangat sulit dilakukan. Hal ini disebabkan karena volume larutan jauh lebih besar dibandingkan dengan jumlah spora. Maka dari itu, untuk mendapatkan harga kapasitansi per sel diperlukan suatu metode yang sekiranya dapat menentukan harga kapasitansi per sel tersebut.

Pada eksperimen ini digunakan metode pengukuran dengan bantuan kertas saring. Adapun kertas saring yang digunakan memiliki ukuran diameter lubang (pori-pori) yang lebih kecil dibandingkan dengan ukuran spora, sehingga spora dapat tersaring dan larutan dapat dengan mudah dilewatkan. Ukuran luas kertas saring disesuaikan dengan luasan plat kuningan kapasitor yang dijadikan sebagai elektroda didalam pengukuran.

Sebelum bergerak lebih lanjut tentang pengukuran harga kapasitansi per sel spora *Aspergillus niger*. Terlebih dahulu dilihat sebuah karakteristik hasil pengukuran kapasitansi spora yang menggunakan kertas saring pada awal pengukuran. Data yang didapat berbeda dengan pengukuran kapasitansi tanpa menggunakan kertas saring. Hal ini dapat dilihat pada grafik berikut ini.



(a) pengenceran 10^{-6}



(b) pengenceran 10^{-5}

Gambar 4. 11. Grafik kapasitansi menggunakan kertas saring pada awal pengukuran

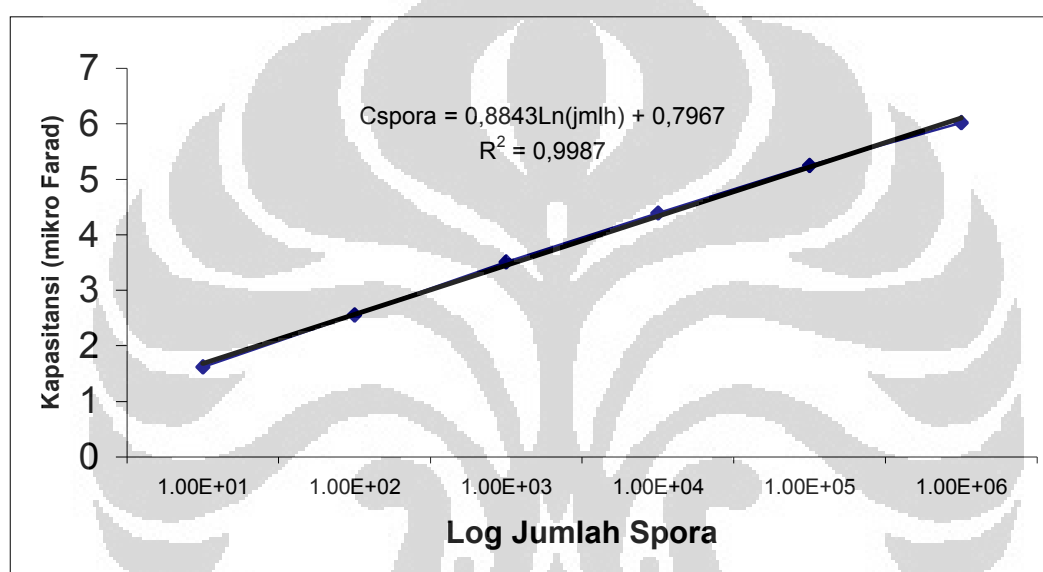
Dari grafik di atas terlihat jelas bahwa pada menit – menit awal pengukuran, harga kapasitansi relative naik dan kemudian turun sampai pada akhirnya relative konstan. Untuk fenomena awal ini penulis tidak dapat menjelaskan interaksi apa yang terjadi antara kertas saring dengan aquades. Namun pada dasarnya hal ini sama seperti penjelasan pada sub bab 4.1 yaitu tentang analisis kapasitor.

Dalam eksperimen ini untuk mendapatkan harga kapasitansi per sel, terlebih dahulu dilakukan proses pengenceran menggunakan aquades 9 mL yang sudah disiapkan didalam tabung reaksi sebanyak 6 buah. Proses pengenceran tersebut sama seperti yang dilakukan pada eksperimen pertama yang menggunakan suspensi secara langsung. Pada tiap pengenceran dilakukan pengukuran harga kapasitansi guna dibuat grafik yang nantinya akan dibandingkan dengan grafik hasil pengukuran pada eksperimen pertama.

Perhitungan jumlah spora *Aspergillus niger* menggunakan kamar hitung dilakukan bersamaan dengan pengukuran kapasitansi untuk tiap pengenceran. Perhitungan jumlah spora dengan kamar hitung dilakukan untuk pengenceran 10^{-1} dengan harapan jumlah spora dapat diperkirakan untuk tingkat pengenceran 10^{-6} yaitu berorde puluhan.

Berdasarkan hasil eksperimen, jumlah spora yang terdapat pada larutan pengenceran 10^{-1} didapat sekitar $1,01 \times 10^6$ spora (sel) per mililiter dan untuk pengenceran 10^{-2} sekitar $1,9 \times 10^5$ spora (sel) per mili liter larutan. Dengan memperoleh perkiraan jumlah spora (sel) pada larutan tersebut, maka jumlah spora pada pengenceran 10^{-6} diperkirakan berorde puluhan sel (spora) per mili liter. Untuk selanjutnya larutan tersebut dituangkan kedalam kertas saring guna diukur nilai kapasitansinya.

Hasil pengukuran harga kapsitansi spora *Aspergillus niger* dapat dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar. 4. 12. Grafik Kapasitansi dengan kertas saring versus jumlah spora

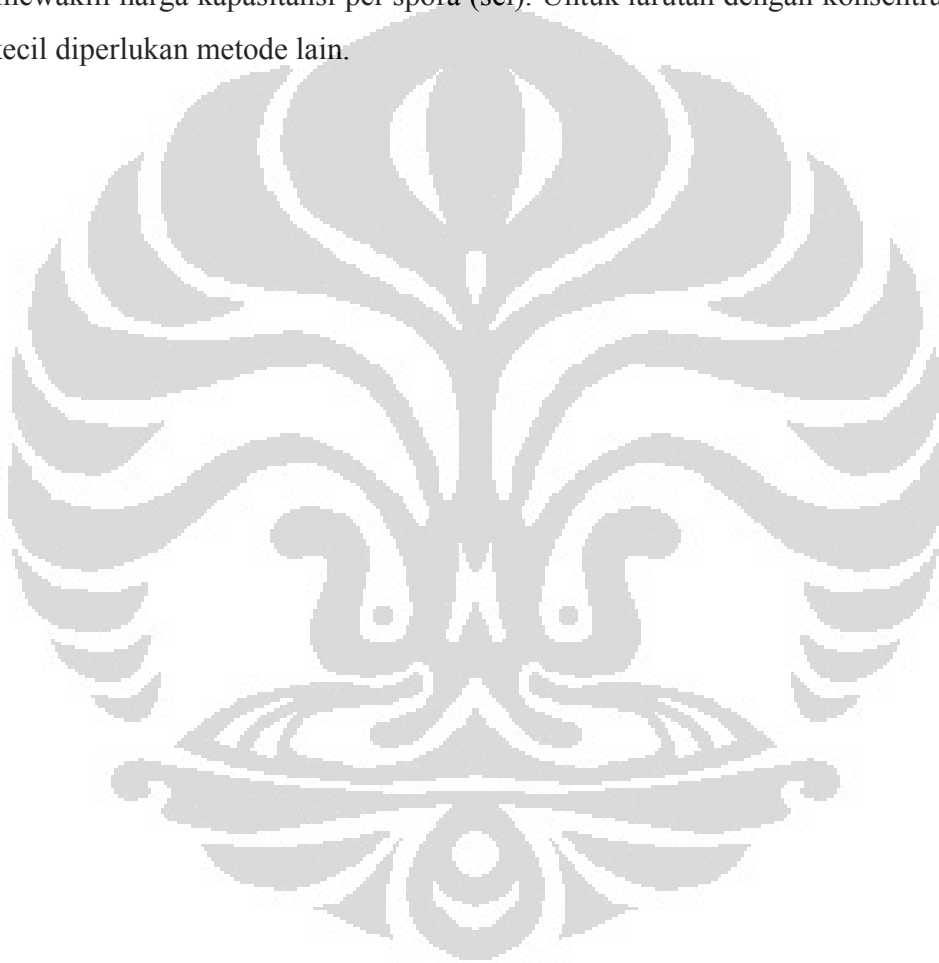
Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa harga kapasitansi per sel untuk jumlah spora puluhan lebih besar dibandingkan dengan harga kapasitansi ratusan, dan harga kapasitansi untuk jumlah spora ratusan lebih besar dibandingkan dengan harga kapasitansi untuk jumlah ribuan. Karena dari data terlihat bahwa harga kapasitansi per sel spora menurun ketika jumlah spora meningkat, maka dapat disimpulkan bahwa di dalam larutan spora relative tersusun secara seri dan parallel. Namun disini jumlah spora yang tersusun secara parallel diperkirakan lebih banyak dibandingkan dengan yang tersusun secara seri. Maka untuk mendapatkan harga kapasitansi per sel spora dibuat pendekatan dengan persamaan.

$$C_T = C_p + C_s \quad (4.9)$$

Karena $C_p \approx C_s$, maka

$$C_T \approx C_p \approx n.C_{sel} \quad (4.10)$$

Mengacu pada data yang diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa harga kapasitansi per sel spora *Aspergillus niger* berkisar pada $(0,58 \pm 0,03) - (2,75 \pm 0,1)$ piko Farad . Harga kapasitansi yang diperoleh merupakan harga kapasitansi larutan yang memiliki konsentrasi spora yang besar yaitu sekitar $\pm 10^6$ sampai 10^5 spora (sel) yang diasumsikan dapat mewakili harga kapasitansi per spora (sel). Untuk larutan dengan konsentrasi spora yang kecil diperlukan metode lain.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Besarnya harga kapasitansi spora (sel) *Aspergillus niger* berbanding lurus dengan jumlah spora, dan berbanding terbalik dengan pengenceran

$$\text{Kapasitansi} \sim \text{jumlah sel} \frac{1}{\text{Pengenceran}}$$

2. Hubungan kapasitansi yang terjadi antara aquades, kertas saring dengan Spora *Aspergillus niger* merupakan kapasitor yang tersusun relatif secara paralel.
3. Pada eksperimen ini diperoleh harga kapasitansi Spora *Aspergillus niger* sebesar $(0,58 \pm 0,03) - (2,75 \pm 0,1)$ pF

5.2 Saran

1. Dalam rangka pengembangan penelitian lebih lanjut, diharapkan adanya modifikasi lebih jauh lagi untuk bahan dan ukuran plat logam kapasitor serta bahan dielektrik yang digunakan. Dengan demikian dapat diperkecil faktor – faktor yang dapat mengganggu hasil dari eksperimen.
2. Sebaiknya penelitian ini ditindak lanjuti dengan membuat perangkat lunak yang menghubungkan antara objek yang diukur, kapasitometer dan komputer. Sehingga data yang diinginkan dapat langsung tersimpan dikomputer sesuai dengan waktu yang disetting..
3. Untuk penelitian lebih lanjut, sebaiknya diperhatikan juga kualitas logam plat konduktor pada alat yang akan digunakan didalam pengukuran. Karena hal ini sangat berpengaruh terhadap kevalidan data yang diperoleh.
4. Sebaiknya dikembangkan suatu metode khusus guna mendapatkan harga kapasitansi per sel secara pasti tidak dalam daerah tertentu.

DAFTAR REFERENSI

- Collquhoun, KO,S Timms and C.R.Fricker, (1995). *Detection E.coli in Potable Water using direct Impedance Technology*, Journal Application Bacteriology, Vol.79:635-639
- Cristian, Paul. (2004). Studi kuantitas Sel *Saccarmyces cerevisiae* dengan Kapasitaor .Departemen Fisika., FMIPA Universitas Indonesia
- Ganjar, I, et al. (1999). *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia
- Kurniawati, Lilis(1998). *Pengukuran Kapasitansi Kapasitor dengan Medium Bakteri E. coli, S. Auerus, dan S. Agalactiae*. Departemen Fisika. Depok
- Mauleny, Ariesy Tri. (1998) *Analisis Hubungan Nilai Kapsitansi Listrik Dengan Kuantitas Sel Bakteri Esherichia coli..* Departemen Fisika, FMIPA Universitas Indonesia
- Michael J Pelezer Jr dan ECS. Chan. (1986) *Dasar – Dasar Mikrobiologi*. Jakarta. Universitas Indonesia Press.
- Musbach, M., et al. (Maret 2005). *Perhitungan jumlah Sel in vivo Esherichia coli dan Streptococcus Agalactiae Dengan Menggunakan Kapasitor Plat Paralel*. Seminar Nasional Biofisika dan Fisika Medis, Institut Pertanian Bogor
- Musbach, M., et al. (2007) *Pengukuran Kapasitansi dan Konstanta Dielektrik Sel Saccaromyces cerevisiae*. Seminar Nasional Biofisika dan Fisika Medis, Institut Pertanian Bogor
- Reitz, John. R. et al. (1979). *Foundation of Electromagnetic Theory*. Third edition. Addison – Wesley Publishing
- T L. Floyd. (1992). *Principle of Electric Circuit*. Fourth edition. Merril Publish..
- <http://permimalang.wordpress.com/2008/05/13/mikrobiologi-pada-permentasi-kakao/>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Metode Cairan

1. Data Kapasitansi Aquades, dan Spora + Aquades pada detik – detik awal

| Waktu (detik) | C (nF) | Waktu (detik) | Kapasitansi (nF) |
|---------------|--------|---------------|------------------|
| 1 | 142 | 1 | 545 |
| 2 | 135 | 2 | 556 |
| 3 | 146 | 3 | 578 |
| 4 | 130 | 4 | 504 |
| 5 | 138 | 5 | 520 |
| 6 | 140 | 6 | 534 |
| 7 | 145 | 7 | 567 |
| 8 | 147 | 8 | 571 |
| 9 | 153 | 9 | 584 |
| 10 | 158 | 10 | 589 |
| | | 11 | 595 |
| | | 12 | 602 |
| | | 13 | 587 |
| | | 14 | 599 |
| | | 15 | 612 |
| | | 16 | 620 |

2. Data Kapasitansi Spora + Aquades terhadap Pengenceran. Dengan Kapasitansi Aquades 4,12 mikro Farad

| Pengenceran | C spora + Aqua (mikroFarad) | C spora (mikroFarad) |
|-------------|--------------------------------|-------------------------|
| 1.00E-01 | 8,95 | 4,83 |
| 1.00E-02 | 8,3 | 4,18 |
| 1.00E-03 | 7,2 | 3,10 |
| 1.00E-04 | 6,79 | 2,67 |
| 1.00E-05 | 6,67 | 2,55 |
| 1.00E-06 | 6,63 | 2,51 |

3. Data Kapasitansi Spora terhadap Jumlah

| Jumlah spora | C (microfarad) |
|--------------|----------------|
| 1.00E+01 | 2,51 |
| 1.00E+02 | 2,55 |
| 1.00E+03 | 2,67 |
| 1.00E+04 | 3,10 |
| 1.00E+05 | 4,18 |
| 1.00E+06 | 4,83 |

Lampiran 2. Metode Kertas Saring

1. Data Kapasitansi Aquades + Kertas Saring (C kertas saring = 0,18 μ F)

| Waktu (menit) | Kapasitansi (mikro Farad) |
|---------------|------------------------------|
| 75 | 3,6 |
| 76 | 4,2 |
| 77 | 4,3 |
| 78 | 4,2 |
| 79 | 3,4 |
| 80 | 3,9 |
| 81 | 4,2 |
| 82 | 4,1 |
| 83 | 4 |
| 84 | 4,2 |
| 85 | 4,1 |
| 86 | 4,1 |
| 87 | 4,2 |
| 88 | 3,9 |
| 89 | 3,9 |
| 90 | 4 |
| Rata-rata | 4,02 |

2. Data Kapasitansi Aquades + kertas saring + Spora terhadap waktu pada menit – menit awal

| Menit | 1.00E-06 (mikro Farad) | 1.00E-05 (mikro Farad) |
|-------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | 1010 | 1413 |
| 2 | 1216 | 1592 |
| 3 | 1266 | 1528 |
| 4 | 1221 | 1707 |
| 5 | 1170 | 1668 |
| 6 | 1104 | 1524 |
| 7 | 1041 | 1420 |
| 8 | 975 | 1326 |
| 9 | 742 | 1237 |
| 10 | 807 | 1149 |
| 11 | 792 | 864 |
| 12 | 767 | 952 |
| 13 | 701 | 926 |
| 14 | 641 | 845 |

3. Data Kapasitansi Aquades + Kertas saring + Spora

| Pengenceran | Kapasitansi (mikro Farad) | |
|-------------|---------------------------------|-------|
| | Aquades + Kertas saring + Spora | Spora |
| 1.00E-01 | 10,04 | 5,84 |
| 1.00E-02 | 9,27 | 5,23 |
| 1.00E-03 | 8,41 | 4,21 |
| 1.00E-04 | 7,53 | 3,33 |
| 1.00E-05 | 6,58 | 2,38 |
| 1.00E-06 | 5,66 | 1,44 |

4. Data Kapasitansi Spora terhadap jumlah spora

| Jumlah spora | Kapasitansi (mikro Farad) |
|--------------|---------------------------|
| 1.00E+01 | 1,44 |
| 1.00E+02 | 2,38 |
| 1.00E+03 | 3,33 |
| 1.00E+04 | 4,21 |
| 1.00E+05 | 5,23 |
| 1.00E+06 | 5,84 |

