



UNIVERSITAS INDONESIA

MODEL PERHITUNGAN KAPASITANSI SEL *Aspergillus niger*
DENGAN MENGGUNAKAN METODE KAPASITOR SERI DAN
PARALEL

SKRIPSI

Wamid Antaboga
0304020809


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 : Wamid Antaboga

NPM : 0304020809

Tanda tangan : 

Tanggal : 17 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Wamid Antaboga
NPM : 0304020809
Program Studi : Fisika
Judul Skripsi : Model Perhitungan Kapasitansi Sel
Aspergillus niger dengan Menggunakan
Metode Kapasitor Seri dan Parallel

Telah berhasil dipertahankan di hadapan 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. Musaddiq Musbach

(Musaddiq Musbach)

Pembimbing II : Drs. Iman Santoso, M.Phil

(Iman Santoso)

Penguji I : Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko ()

Penguji II : Dr. Anto S.

(Anto S.)

Penguji III : Drs. Sitaresmi, MSc

(Sitaresmi)

Ditetapkan di : Universitas Indonesia, Depok

Tanggal : 17 Juni 2009

KATA PENGANTAR

Assalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur Penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhana Wa Ta'ala, atas berkat rahmat, nikmat dan karunia-NYA Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin menyampaikan penghargaan dan rasa terima kasih Penulis kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi ini. Dengan ketulusan hati Penulis menyampaikan rasa syukur Penulis kepada Allah SWT, dengan telah memberikan nikmat yang tak terhitung jumlahnya pada Penulis hingga saat ini. Shalawat dan salam kepada Nabi Besar Junjungan Kita, Muhammad SAW yang selalu menjadi sauri teladan dan rahmat bagi seluruh alam. Dan tak lupa rasa terima kasih Penulis tujukan kepada:

1. Keluarga besar dari Penulis, papa yang telah memberikan perhatian dan membimbing Penulis, Mama yang sampai sekarang selalu mendukung dan mendoakan dengan sabar serta adik dan kakak penulis.
2. Dr. Musaddiq Musbach dan Drs Iman Santoso, M.Phil sebagai pembimbing skripsi ini, yang banyak memberikan masukan yang sangat bermanfaat dan membantu Penulis di saat mendapat kesulitan dalam proses perampungan serta pak Priyadi selaku laboran di laboratorium biologi yang telah banyak membantu dalam eksperimen.
3. Prof. Dr. Djarwani S. Soejoko, Dr. Anto Sulaksono, dan Drs Sitaresmi, MSc. selaku penguji sidang yang telah meluangkan waktunya dan member masukan demi kesempurnaan skripsi ini.
4. Pak Supriyanto dari STM pembangunan atas alat yang telah dibuat dan memperbaikinya jika ada masalah dengan alat.
5. Pak Ervan yang telah membantu menggunakan mikroskop untuk pengambilan gambar.

6. Paul Christian selaku senior yang tidak segan memberikan masukan dan berdiskusi mengenai skripsi ini.
7. Rekan angkatan 2004 yang seperjuangan dan se penderitaan bersama Penulis di awal semester.
8. Teman-teman satu peminatan Fisika Medis 2004, khususnya Maulana selaku rekan kerja, Elly, Saad, Dewi, Ira, Vian, Andes, Imanudin, Neni, Syamsul, Wahyu, yang telah berjuang bersama di semester akhir perkuliahan.
9. Teman-teman dari peminatan lain yang secara tidak langsung membantu kelancaran skripsi ini.
10. Tak lupa pula kepada Sera yang selalu mendukung ketika penulis sedang malas mengerjakan skripsi.

Dan kepada seluruh pihak yang tidak mungkin dapat disebutkan semuanya namun memberikan kontribusi yang cukup berarti pada penyusunan skripsi ini. Akhir kata, Penulis hanya mampu berdoa dan berharap, semoga seluruh kebaikan ini akan berbuah nikmat yang akan kita rasakan kelak di dunia dan di akhirat, Amin Ya Rabbal Alamin.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Depok, 17 Juni 2009



Wamid Antaboga

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

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

Nama : Wamid Antaboga

NPM : 0304020809

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-exclusif Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Model Perhitungan Kapasitansi Sel *Aspergillus niger* dengan
Menggunakan Metode Kapasitor Seri dan Paralel

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



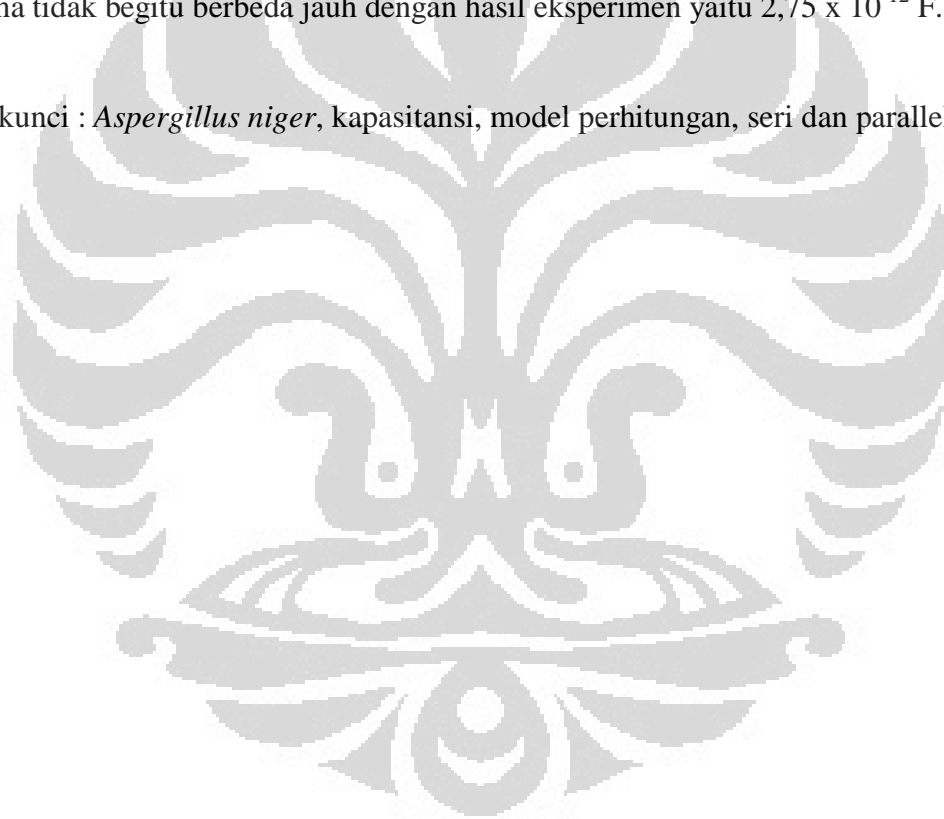
(Wamid Antaboga)

ABSTRAK

Nama : Wamid Antaboga
Program Studi : Fisika
Judul : Model Perhitungan Kapasitansi Sel *Aspergillus niger* dengan Menggunakan Metode Kapasitor Seri dan Paralel

Pembuatan model perhitungan kapasitansi telah dikembangkan untuk memprediksi nilai kapasitansi per sel dari *Aspergillus niger*. Model ini dikembangkan dengan mengasumsikan kondisi sel yang terdistribusi adalah homogeny dalam mediumnya dan sel-sel tersebut tersusun secara paralel dan/atau seri dengan sel-sel lainnya. Data yang digunakan berdasarkan data hasil eksperimen yang dilakukan di laboratorium untuk menghitung nilai kapasitansi dari suspense sel dan sel pada kertas saring. Nilai kapasitansi per sel dari *Aspergillus niger* yang diprediksi sebesar $3,00 \times 10^{-12}$ F dimana tidak begitu berbeda jauh dengan hasil eksperimen yaitu $2,75 \times 10^{-12}$ F.

Kata kunci : *Aspergillus niger*, kapasitansi, model perhitungan, seri dan paralel

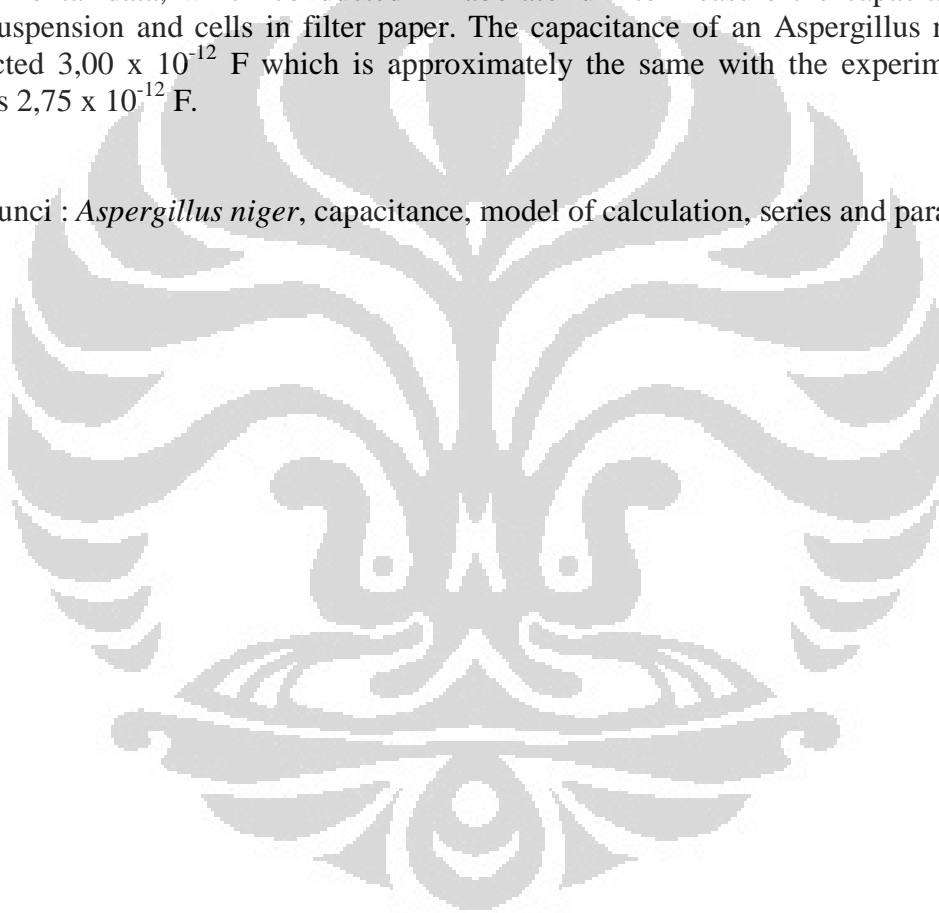


ABSTRACT

Name : Wamid Antaboga
Study Program: Physics
Topic : Calculation Model Of *Aspergillus niger* Cells Capacitance Using Series and Parallel Capacitor Method

A simple model of calculation of capacitance have been developed to predict the capacitance of one cell for *Aspergillus niger*. This model have been developed under assuming condition that the cells are distributed homogenly in its media and they are arranged parallel and or series among each others. The input data are based on the experimental data, which conducted in laboratorium to measure the capacitance of cell suspension and cells in filter paper. The capacitance of an *Aspergillus niger* is predicted $3,00 \times 10^{-12}$ F which is approximately the same with the experimentally results $2,75 \times 10^{-12}$ F.

Kata kunci : *Aspergillus niger*, capacitance, model of calculation, series and parallel



DAFTAR ISI

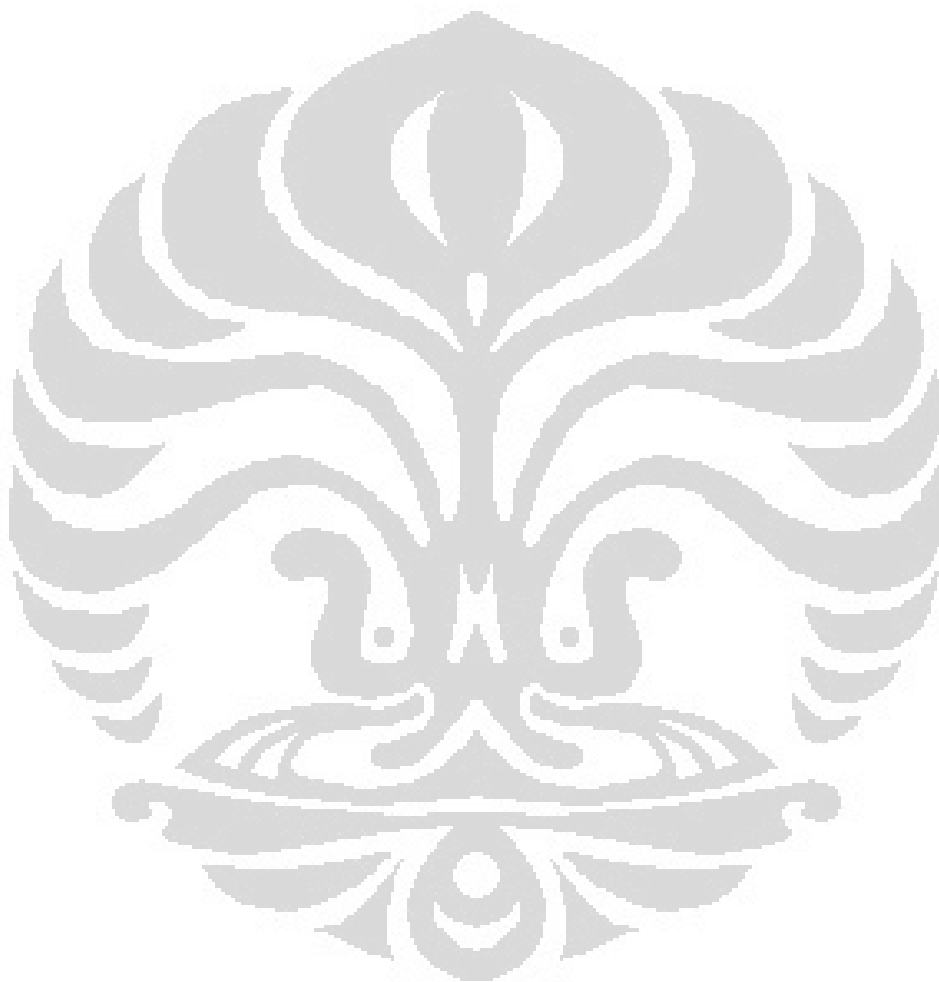
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB 1 Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Metodologi Penelitian.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Kapasitansi.....	5
2.2 Sifat Dielektrik Bahan.....	7
2.3 Jamur (Fungi).....	10
2.4 Karakteristik Sel <i>Aspergillus niger</i>	10
BAB 3 Metode Perhitungan.....	15
3.1 Pengambilan Data.....	15
3.2 Metode Kamar Hitung.....	15
3.3 Model Perhitungan Kapasitansi Seri dan Parallel	18
3.4 Least Square.....	20
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....	22
4.1 Jumlah Sel yang Didapat dari <i>Counting Chamber</i>	22
4.1.1 Metode Langsung.....	22
4.1.2 Metode Kertas Saring.....	25
4.2 Nilai kapasitansi per sel yang diperoleh dengan permodelan.....	26
4.2.1 Metode langsung.....	27
4.2.2 Metode kertas saring.....	28
4.3 Pembahasan kedua metode.....	29
4.4 Hasil dengan metode least square.....	30
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
REFERENSI.....	33
LAMPIRAN.....	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Medan listrik dalam kapasitor plat sejajar.....	6
Gambar 2.2 Efek medan tepi pada kapasitor plat sejajar.....	6
Gambar 2.3 Medan listrik dalam kapasitor plat sejajar dengan dielektrik	7
Gambar 2.4 Arah dipol-dipol listrik dalam medan listrik.....	9
Gambar 2.5 Arah dipol-dipol setelah sejajar dengan medan listrik.....	9
Gambar 2.6 konidiospora pada <i>Aspergillus niger</i>	12
Gambar 2.7 pertumbuhan <i>Aspergillus niger</i> dalam medium agar.....	13
Gambar 2.8 <i>Aspergillus niger</i> 100 μ m.....	14
Gambar 3.1 Penampang atas kamar hitung <i>Improved Neubauer</i>	16
Gambar 3.2 Penampang samping kamar hitung <i>Improved Neubauer</i>	17
Gambar 3.3 Kotak-kotak pada <i>counting chamber</i>	17
Gambar 4.1 Contoh hasil pengambilan gambar <i>Aspergillus niger</i>	21
Gambar 4.2 Sebaran jumlah spora yang terlihat pada kotak kamar hitung Pada pengenceran 10 ⁻¹	22
Gambar 4.3 Sebaran jumlah spora pada pengenceran 10 ⁻²	23
Gambar 4.4 Sebaran jumlah spora (metode kertas saring) pada Pengenceran 10 ⁻¹	24
Gambar 4.5 Sebaran jumlah spora (metode kertas saring) pada Pengenceran 10 ⁻²	24

DAFTAR TABEL

	Halaman
Table 4.1 nilai kapasitas (sel+aquades) untuk setiap tingkat Pengenceran.....	27
Table 4.2 nilai kapasitas (sel+aquades) untuk setiap tingkat pengenceran.....	28



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Data kapasitansi aquades terhadap waktu.....	35
Lampiran 2 Data kapasitansi aquades+kertas saring terhadap waktu.....	35
Lampiran 3 Data kapasitansi sel terhadap kapasitansi total.....	36
Lampiran 4 Data kapasitansi sel setelah dikurangi aquades.....	36
Lampiran 5 Data pengenceran sel terhadap kapasitansi sel+kertas Saring+aquades	36
Lampiran 6 Data pengenceran sel terhadap kapasitansi sel setelah Dikurangi kertas saring dan aquades.....	37



BAB1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Setiap makhluk hidup tersusun atas sel, baik yang bersel tunggal (uniselular) maupun yang bersel banyak (multiselular). Setiap sel memiliki sifat, fungsi, dan ukuran yang berbeda-beda. Pada organisme bersel tunggal seluruh aktivitas dari sel dilakukan oleh sel itu sendiri, sedangkan untuk organisme bersel banyak, bentuk sel akan semakin beragam dan berdiferensiasi sesuai dengan fungsinya.

Karena ukuran sel yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat secara langsung dengan kasat mata, sering terjadi kesulitan dalam penghitungan jumlahnya, oleh karena itu diperlukan suatu metode tertentu untuk menghitung jumlah sel.

Metode untuk menghitung jumlah sel sangat beragam, beberapa contoh diantaranya yaitu : metode counting chamber, metode smear count, metode optical density, metode volume total, metode berat kering, dan metode total plate count (TPC). Metode-metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing (L. Kurniawati, 1998).

Dalam karya tulis ini, penulis mencoba mengembangkan suatu model perhitungan kapasitor berdasarkan data hasil pengukuran. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa harga kapasitansi sel merupakan akumulasi dari harga kapasitansi setiap sel, sehingga dengan model ini, diharapkan akan diperoleh pula harga kapasitansi per sel.

Kapasitansi listrik menyatakan kemampuan bahan dielektrik untuk menyimpan muatan. Penelitian ini menggunakan kapasitor plat sejajar yang telah dirancang sendiri oleh penulis, yang memiliki ruang diantara elektroda kapasitor. Suspensi sel yang ingin diketahui jumlahnya akan dimasukan kedalam ruang diantara plat kapasitor. Suspensi tersebut akan berfungsi sebagai bahan dielektrik kapasitor.

Sel yang digunakan dalam penelitian ini adalah spora kapang *Aspergillus niger*. Kapang merupakan mikroba dalam kelompok fungi yang dapat berkembang biak secara generatif dengan menggunakan spora. Penggunaan sel *Aspergillus niger* dalam penelitian ini dikarenakan kapang tersebut banyak digunakan dalam bidang industri (fermentasi asam sitrat, pembuatan enzim), berkembang biak dengan menggunakan spora, dan ukuran sporanya yang relatif lebih besar jika dibandingkan dengan sel khamir.

Studi ini akan meneliti hubungan antara kuantitas spora dari *Aspergillus niger* dengan nilai kapasitansinya sehingga diharapkan dapat menghasilkan suatu permodelan tentang susunan spora *Aspergillus niger* dalam bahan dielektrik untuk kapasitor.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan suatu model untuk menghitung nilai kapasitansi dan jumlah spora *Aspergillus niger* berdasarkan data hasil eksperimen
2. Menentukan nilai kapasitansi per sel spora dan susunan sel dalam material dielektrik

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data-data dari sel spora *Aspergillus niger*, sehingga hanya akan dibahas segala sesuatu yang berhubungan dengan sel spora *Aspergillus niger*, metode-metode yang dilakukan dalam penghitungan, dan beberapa alat pendukung yang berperan penting dalam perolehan data.

1.4 Metodologi Penelitian

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

1. Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan digunakan penulis untuk memperoleh teori-teori dasar sebagai sumber 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

Data-data yang digunakan berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya.

3. Pembuatan Model

Membuat model simulasi untuk menghitung harga kapasitansi yang diperoleh dari hasil pengukuran.

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 I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Teori Dasar berisi landasan teori sebagai hasil dari studi literatur yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dijelaskan.

BAB III ISI

Bab ini berisi hasil pengambilan data, pengolahan data hasil eksperimen serta Metode yang digunakan untuk permodelan.

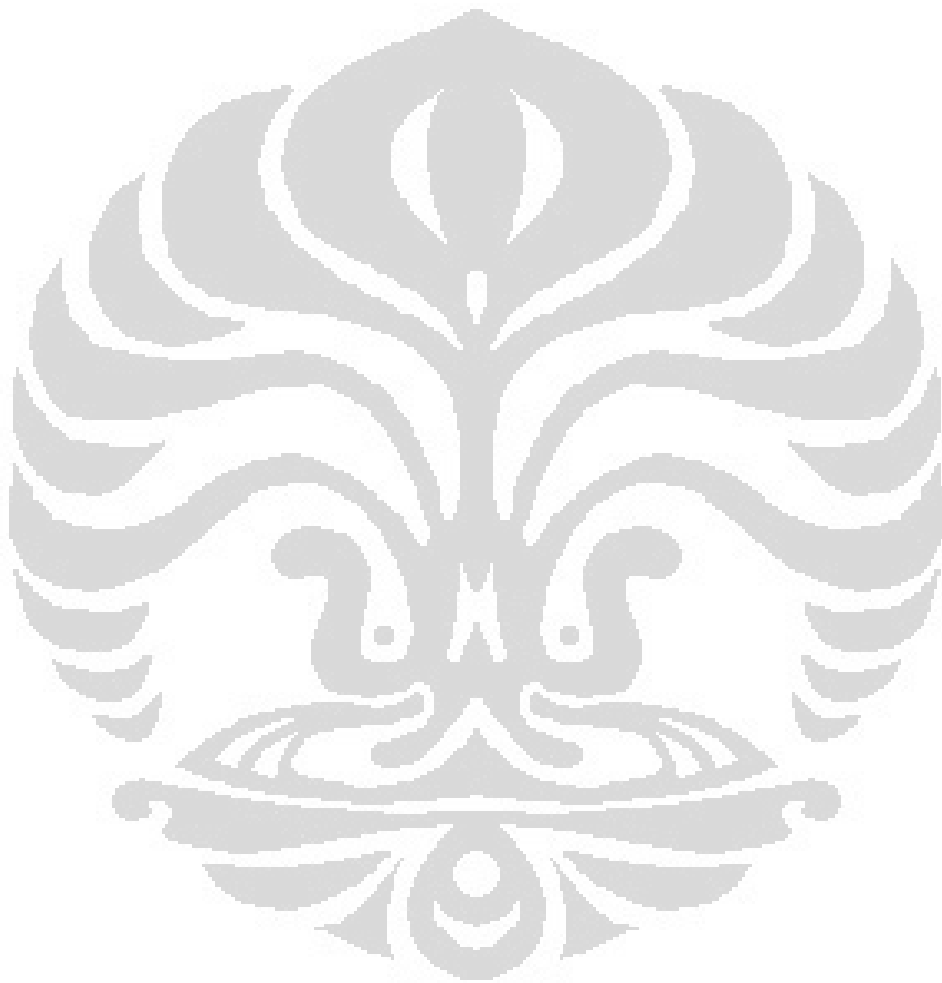
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil dan analisa yang didapat dari permodelan.

BAB V PENUTUP

Bab penutup ini berisi kesimpulan penulis yang diperoleh berdasarkan hasil dan analisa selama penelitian berlangsung, selain itu penutup juga berisikan tentang saran-saran dari penulis untuk

mendapatkan hasil yang lebih baik dalam pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini.



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 KAPASITANSI

Tiap-tiap kapasitor memiliki nilai kapasitansi, yaitu besarnya muatan listrik yang disimpan persatuan beda potensial antara bidang-bidangnya, atau dapat dinyatakan sebagai perbandingan tetap antara muatan dari salah satu pengantarnya terhadap beda potensial kedua konduktornya (penghantar).

Kapasitansi listrik menyatakan kemampuan bahan dielektrik untuk menyimpan muatan. Besarnya kapasitas kapasitor dapat dilambangkan dengan persamaan berikut ini :

$$C = \frac{q}{V} \quad (2.1)$$

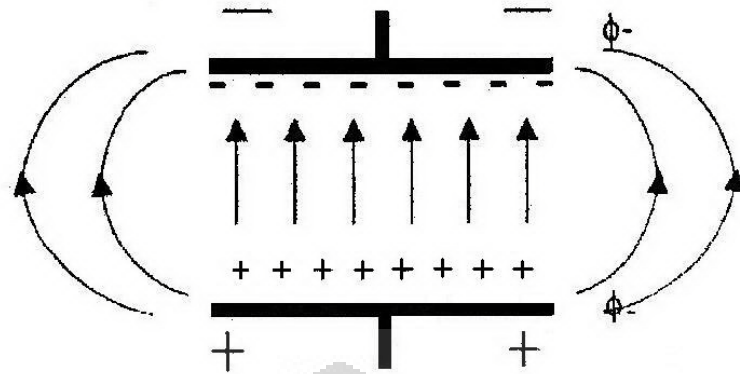
Kapasitor yang digunakan dalam pengambilan data pada penelitian ini adalah kapasitor plat sejajar. Kapasitansi untuk kapasitor plat sejajar dengan jarak d dan luas permukaan A dalam medium tanpa udara mengikuti persamaan:

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (2.2)$$

ϵ_0 adalah permitivitas vakum dengan besar $8.85 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$. Dengan menempatkan bahan dielektrik diantara kedua plat, maka nilai kapasitansi akan meningkat. Persamaan untuk nilai kapasitansi menggunakan bahan dielektrik :

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

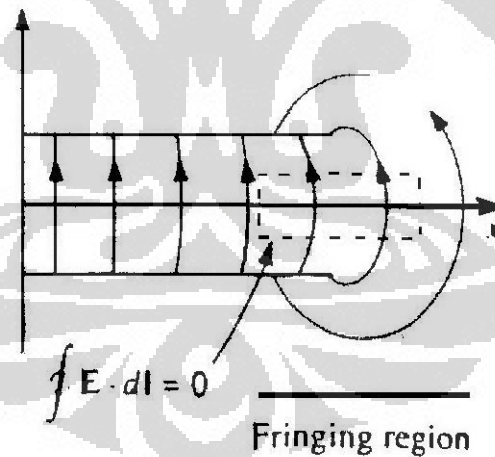
Bentuk dan arah medan listrik dalam kapasitor plat sejajar tanpa terdapat bahan dielektrik:



Gambar 2.1 Medan listrik dalam 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 pada persamaan berikut ini :

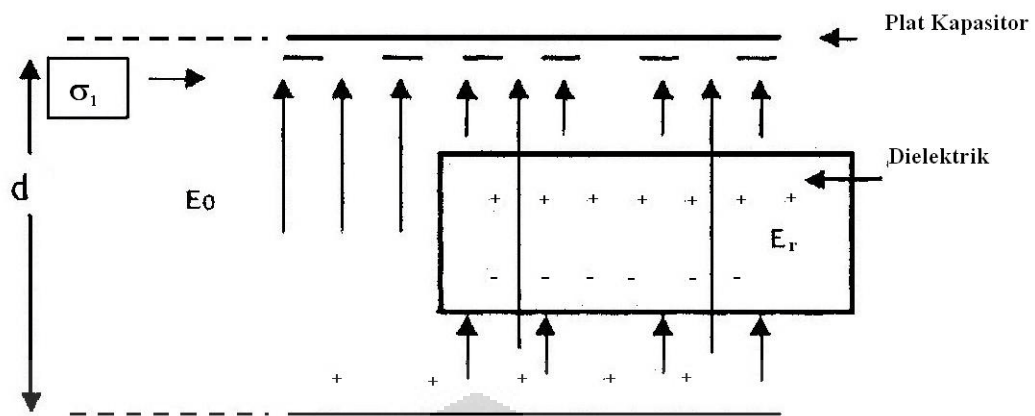
$$\oint E dl \neq 0 \quad (2.4)$$



Gambar 2.2 Efek medan tepi pada kapasitor plat sejajar

Penghitungan nilai efek dari medan tepi sulit dilakukan, maka pengaruh medan listrik pada kapasitor akibat efek tepi dapat diabaikan karena terlalu kecil.

Bahan dielektrik jika diletakan dalam medan listrik akan membentuk polarisasi muatan yang menghasilkan momen dipol pada bahan dielektrik.



Gambar 2.3 Medan listrik dalam kapasitor plat sejajar dengan dielektrik

Hubungan polarisasi dan momen dipol mengikuti persamaan :

$$P = \alpha \cdot E \quad (2.5)$$

Dengan α adalah *atomic polarizastion* yang bergantung pada struktur atom dari bahan dielektrik tersebut.

Jika melihat sebab dari polarisasi maka akan berhubungan dengan medan listrik yang mengikuti persamaan :

$$P = \epsilon_0 X_e \cdot E \quad (2.6)$$

X_e adalah *electric susceptibility* yang tidak memiliki dimensi dan bergantung pada struktur mikroskopik dari bahan dielektrik. Bahan dielektrik yang memenuhi persamaan diatas disebut *linear dielectric* (Grifith, David. J., 1981)

2.2 SIFAT DIELEKTRIK BAHAN

Masing-masing material tidak memiliki respon yang sama terhadap medan listrik. Material secara umum dibagi menjadi dua, yaitu konduktor dan isolator atau dielektrik. Konduktor memiliki muatan bebas dengan jumlah yang tidak terbatas. Material dielektrik tidak memiliki muatan bebas karena electron material dielektrik terikat kepada atom atau molekulnya. Material dielektrik dibagi menjadi

dua bagian, yaitu dielektrik polar dan non polar. Molekul material dielektrik nonpolar memiliki momen dipol ketika berada dalam medan listrik, sedangkan material dielektrik polar sudah memiliki momen dipol sebelum terkena pengaruh medan listrik.

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

$$p = q \cdot d \quad (2.7)$$

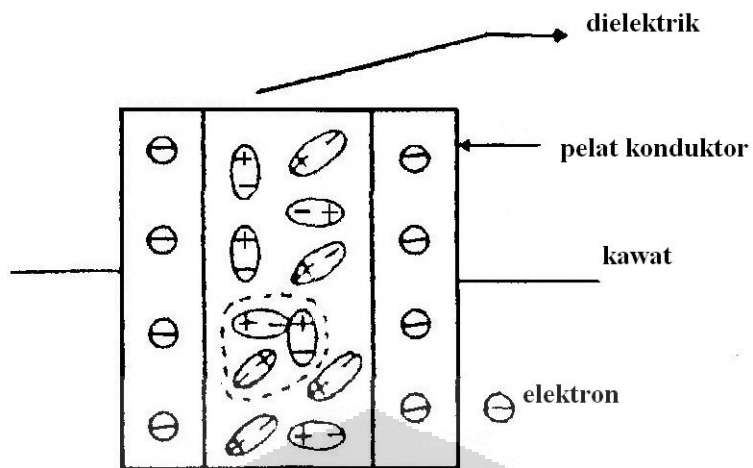
Dengan q adalah muatan listrik dan d adalah panjang lengan dipol. Jika material dielektrik diberikan medan listrik eksternal maka dipol-dipol akan mengalami gaya yang berlawanan sehingga dipol-dipol listrik tersebut akan mengalami torka yang mengikuti persamaan berikut :

$$N = p \times E \quad (2.8)$$

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

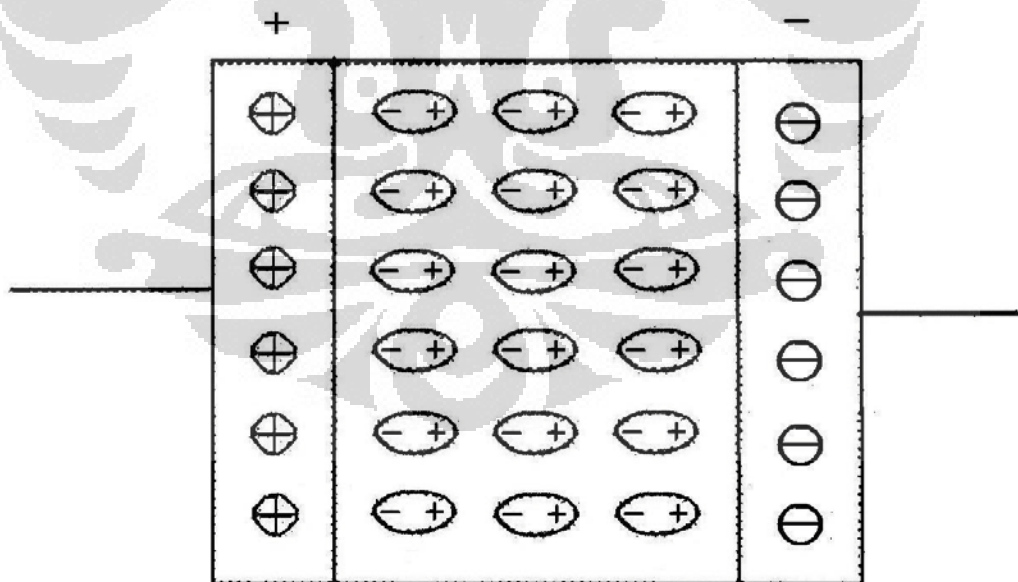
Tanpa medan listrik eksternal material dielektrik nonpolar tidak terdapat dipol. Bila material dielektrik nonpolar diberi medan listrik eksternal maka atom atau molekul material tersebut akan membentuk dipol-dipol yang arahnya sesuai dengan medan listrik eksternal.

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.



Gambar 2.4 Arah dipol-dipol listrik dalam medan listrik

Penggunaan material dielektrik polar dalam kapasitor plat sejajar akan membuat harga kapasitor meningkat setelah diberi medan listrik eksternal dan mencapai harga konstan setelah semua dipol searah dengan medan listrik eksternal (Grifith, David. J., 1981; Hope, W., 1983).



Gambar 2.5 Arah dipol-dipol setelah sejajar dengan medan listrik

2.3 JAMUR (FUNGI)

Jamur (fungi) adalah mikroorganisme yang tidak berklorofil, berbentuk hifa atau sel tunggal, eukariotik, berdinding sel dari kitin atau selulose, dan bereproduksi dengan seksual atau aseksual (Indrawati Ganjar, Robert A. Samson, Karin Van Den Tweel-vermeulen, Ariyanti Oetari, Iman Santoso, 1999). Jamur dapat ditemukan pada aneka substrat darat, air, maupun udara. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan dan manusia.

Sebagian besar tubuh jamur terdiri atas benang-benang yang disebut hifa yang saling berhubungan menjalin semacam jala, yaitu miselium. Miselium dapat dibedakan menjadi 2, yaitu miselium negatif yang berfungsi menyerap nutrisi dari lingkungan dan miselium vertil yang berfungsi dalam reproduksi (Indrawati Ganjar, Robert A. Samson, Karin Van Den Tweel-vermeulen, Ariyanti Oetari, Iman Santoso, 1999).

Perkembangbiakan aseksual dapat dilakukan dengan fragmentasi miselium (thalus) dan pembentukan spora aseksual. Ada 4 cara perkembangbiakan dengan fragmentasi thalus yaitu, (1) dengan pembentukan tunas, (2) dengan blastospora yaitu tunas yang tumbuh menjadi spora, (3) dengan arthrospora, yaitu terjadinya segmentasi pada ujung-ujung hifa, kemudian sel-sel membulat dan akhirnya lepas menjadi spora, dan (4) dengan chlamydospora, yaitu pembulatan dan penebalan dinding sel pada hifa vegetatif (Sri Sumarsih, 2003).

Spora aseksual terbentuk melalui 2 cara. Pada jamur tingkat rendah, spora aseksual terbentuk sebagai hasil pembelahan inti berulang-ulang. Misalnya spora yang terbentuk dalam sporangium, spora ini disebut sporangiospora. Pada jamur tingkat tinggi, terbentuk spora yang disebut konidia. Konidi terbentuk pada ujung konidiofor, dari ujung hifa atau dari konidi yang telah terbentuk sebelumnya (Sri Sumarsih, 2003). Status kapang yang mempunyai fase seksual dan aseksual disebut *telemorf*, apabila hanya fase aseksualnya saja yang diketahui disebut kapang *anamorf* (Indrawati G.; Robert A.; Karin V.D.T.; Ariyanti O.; Iman S., 1999).

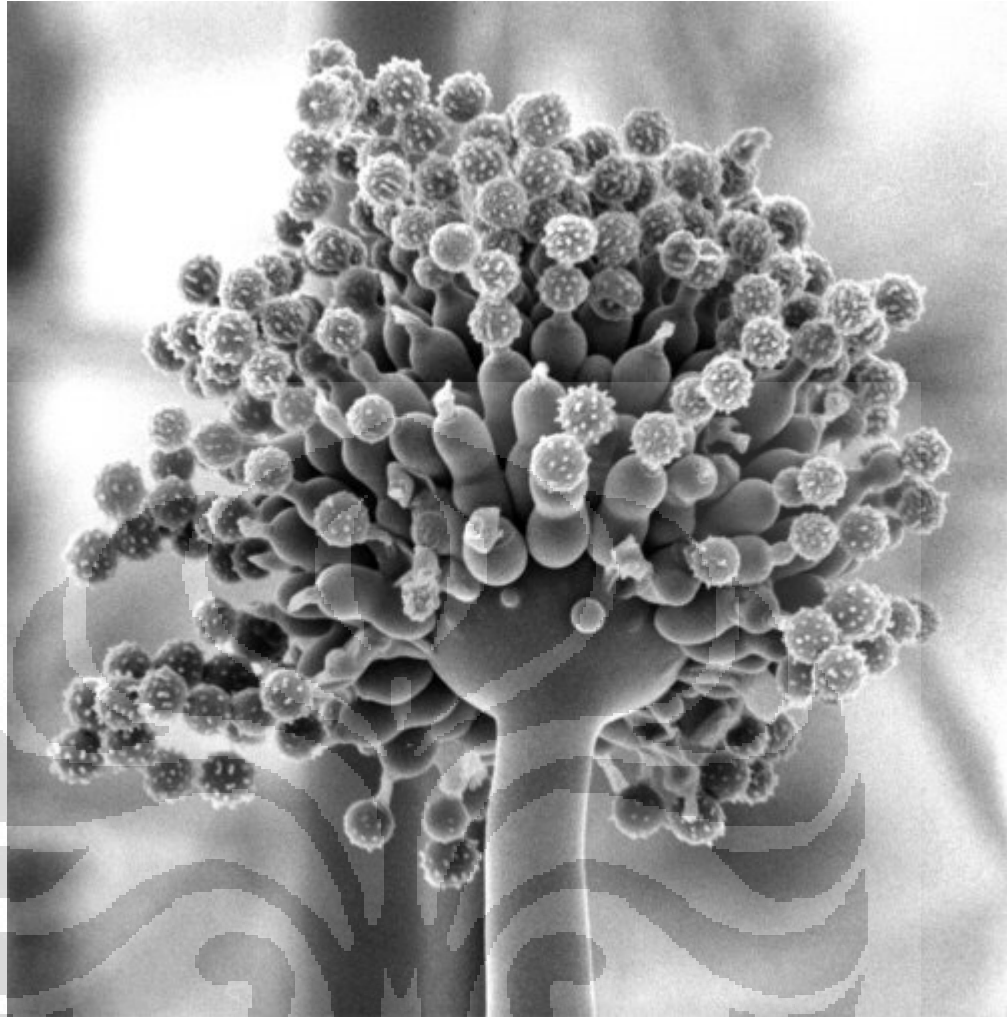
Perkembang biakan secara seksual, dilakukan dengan pembentukan spora seksual dan peleburan gamet (sel seksual). Ada 2 tipe kelamin (mating type) dari sel seksual, yaitu tipe kelamin + (jantan) dan tipe kelamin – (betina). Peleburan gamet terjadi antara 2 tipe kelamin yang berbeda (Sri Sumarsih, 2003). Askospora adalah spora seksual (n) yang terbentuk dalam askus dan terdapat dalam ascomycetes. Askus terbentuk dalam tubuh buah yang dapat berupa apotesium, kleistotesium, atau peritesium (Indrawati Ganjar, Robert A. Samson, Karin Van Den Tweel-vermeulen, Ariyanti Oetari, Iman Santoso, 1999).

2.4 KARAKTERISTIK SEL *Aspergillus niger*

Kapang termasuk kedalam golongan jamur (fungi). Kapang *Aspergillus niger* digolongkan sebagai jamur tingkat tinggi karena spora pada kapang ini tidak terbungkus lagi oleh kantung spora atau disebut juga konidiospora. *Aspergillus niger* berkembang biak secara vegetatif dengan potongan hifa, karena potongan hifa dari jamur tingkat tinggi memiliki septa, selain itu dapat juga membentuk spora aseksual. Kapang *Aspergillus niger* dapat pula berkembang biak secara generatif dengan membentuk spora seksual yaitu jantan dan betina. Kedua spora tersebut akan melebur menjadi satu.

Aspergillus niger merupakan salah satu spesies yang paling umum dan gampang untuk diperoleh, tumbuh pada daerah tropis dan subtropics, dan mudah untuk diisolasi dari tanah, udara, air, kapas, dll. *Aspergillus niger* dapat tumbuh dengan cepat pada suhu ruang (25-35⁰C) dan memerlukan oksigen yang cukup.

Lapisan konidiofor lebat berwarna coklat tua hingga hitam, kepala konidi berwarna hitam, berbentuk bulat dan cenderung merebah menjadi kolom-kolom pada koloni berumur tua. Stipe dari konidiofor berdinding halus berwarna kecoklatan. Vesikula berbentuk bulat hingga semi bulat dan berdiameter antara 50-100µm. Fialid terbentuk pada metula dan berukuran (7-9.9) x (3-4) µm. Metula berwarna hialin hingga coklat, dan biasanya berseptata. Konidia berbentuk bulat hingga semi bulat, berukuran antara 3.5-5 µm, berwarna coklat, dan memiliki ornamentasi berupa tonjolan dan duri-duri yang tidak beraturan (Indrawati G.; Robert A.; Karin V.D.T.; Ariyanti O.; Iman S., 1999).



Gambar 2.6 konidiospora pada *Aspergillus niger*

(<http://kacatko.files.wordpress.com/2008/11/asexual-structures-of-aspergillus-niger.jpg>)

Dalam industri *Aspergillus niger* dapat digunakan untuk fermentasi asam sitrat, asam glukonat (Sri Sumarsih, 2003; Edwin Azwar 2007). *Aspergillus niger* dapat juga digunakan untuk menghasilkan beberapa enzim seperti amylase, pektinase, amiloglukosidase, dan selulose. Kapang jenis ini sering digunakan dalam industri karena tidak menghasilkan mikotoksin, sehingga tidak membahayakan (Gray, 1970)

Kapang *Aspergillus niger* juga dapat menyebabkan beberapa penyakit pada manusia, diantaranya *aspergillosis* dan *otomycosis* (Joklik, Wolfgang K, 1992). *Aspergillosis* adalah infeksi pada paru-paru jika terhirup *Aspergillus niger* dalam jumlah yang banyak, sedangkan *otomycosis* adalah infeksi pada bagian

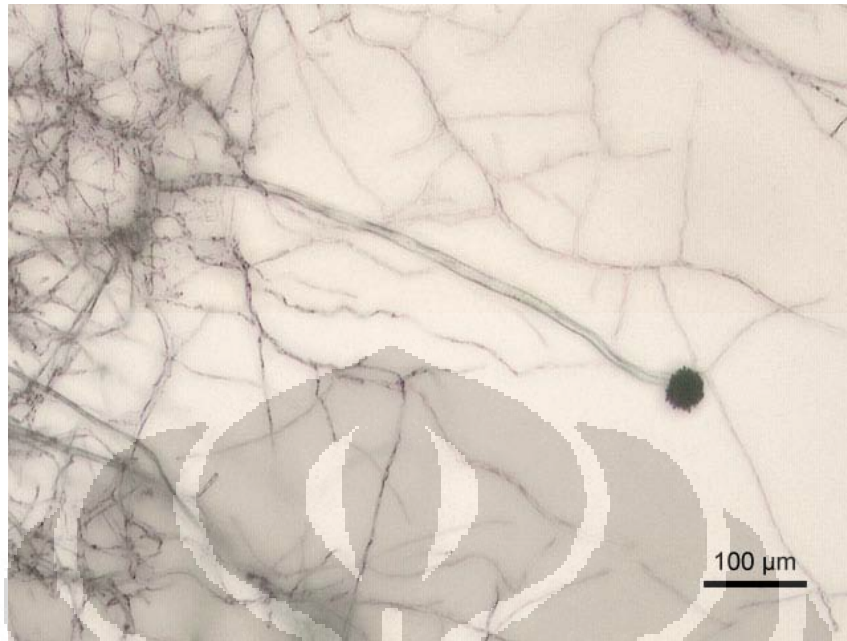
telinga yang dapat menyebabkan sakit dan kehilangan pendengaran sementara. Pada beberapa kasus yang parah, akan menyebabkan kerusakan pada kanal telinga (ear canal) dan membrane timpani (tympanic membrane). Biasanya kapang ini tumbuh ditempat-tempat yang lembab.



Gambar 2.7 pertumbuhan *Aspergillus niger* dalam medium agar
(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aspergillus_niger_on_SDA.JPG)

Klasifikasi *Aspergillus Niger*

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Fungi
Phylum	: Ascomycota
Subphylum	: Pezizomycotina
Class	: Eurotiomycetes
Order	: Eurotiales
Family	: Trichocomaceae
Genus	: Aspergillus
Species	: Aspergillus niger



Gambar 2.8 *Aspergillus niger* 100μm

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aspergillus_nigar_Micrograph.jpg

BAB 3

METODE PERHITUNGAN

3.1 PENGAMBILAN DATA

Pada penulisan ini, data-data yang didapat adalah dari hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Untuk penghitungan jumlah sel, diperlukan data hasil perhitungan sel dengan metode kamar hitung. Berikutnya adalah data hasil perhitungan sel dengan menggunakan kapasitor. Permodelan ini dibuat menggunakan data perhitungan kapasitansi dari kapasitor, dan sebagai referensinya akan digunakan data perhitungan jumlah sel dari metode kamar hitung.

Data hasil eksperimen terdiri dari beberapa pengenceran, hal ini disebabkan karena konsentrasi spora yang terlalu padat. Pada setiap tingkat pengenceran, pengambilan data jumlah sel dengan pengambilan data kapasitansi, dilakukan secara bersamaan.

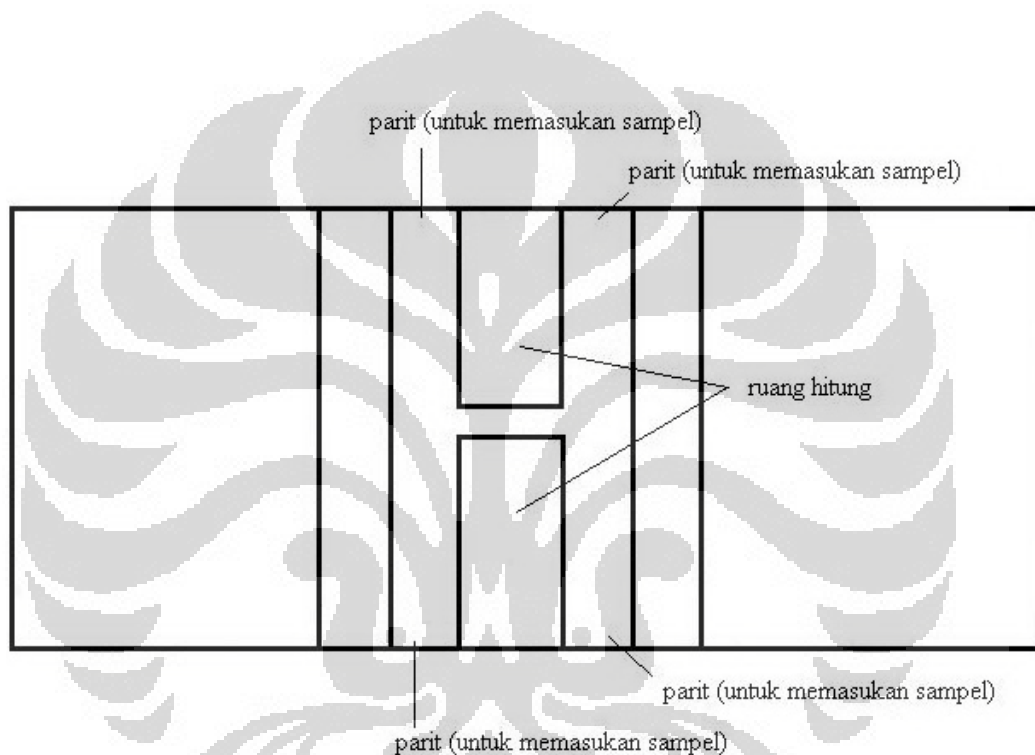
3.2 METODE KAMAR HITUNG (*COUNTING CHAMBER*)

Dalam metode ini akan dilakukan pengamatan langsung dengan menggunakan mikroskop. alat bantu yang digunakan adalah kamar hitung *Improved Neubauer*, seperti yang ditunjukkan oleh gambar (3.1) dan gambar (3.2). alat ini terbuat dari gelas dan pada ruang penghitung terdapat 9 kotak, masing-masing berukuran 1mm^2 kotak dibagian tengah terbagi lagi menjadi 25 kotak besar yang masing-masing terbagi lagi menjadi 16 kotak kecil. Sehingga jumlah kotak kecil dalam kotak bagian tengah ada 400 buah. Gambaran jelas kotak-kotak pada kamar hitung ini dapat dilihat pada gambar (3.3). Suspensi bakteri yang akan dihitung, akan ditetaskan pada kamar hitung, karena suspensi terlalu padat maka akan dilakukan pengenceran secukupnya. Penghitungang dilakukan secara langsung pada kotak-kotak tersebut dengan menggunakan mikroskop. Jumlah bakteri tiap milliliter larutan suspensi dapat diperkirakan dengan membagi jumlah

bakteri yang ada pada kotak-kotak dengan volume ruang hitungnya, atau dapat dirumuskan :

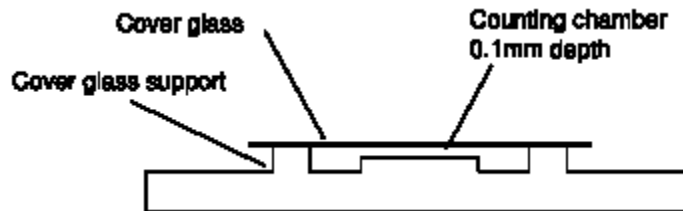
$$\frac{\text{jumlah spora terhitung}}{\text{Volume kamar yang digunakan}} \times \text{jumlah larutan induk} \quad (3.1)$$

Jumlah spora yang terhitung dapat dilihat langsung pada mikroskop, dan langsung dihitung jumlahnya, sedangkan volume kamar yang digunakan bisa bervariasi, dapat dilihat pada gambar (3.3)

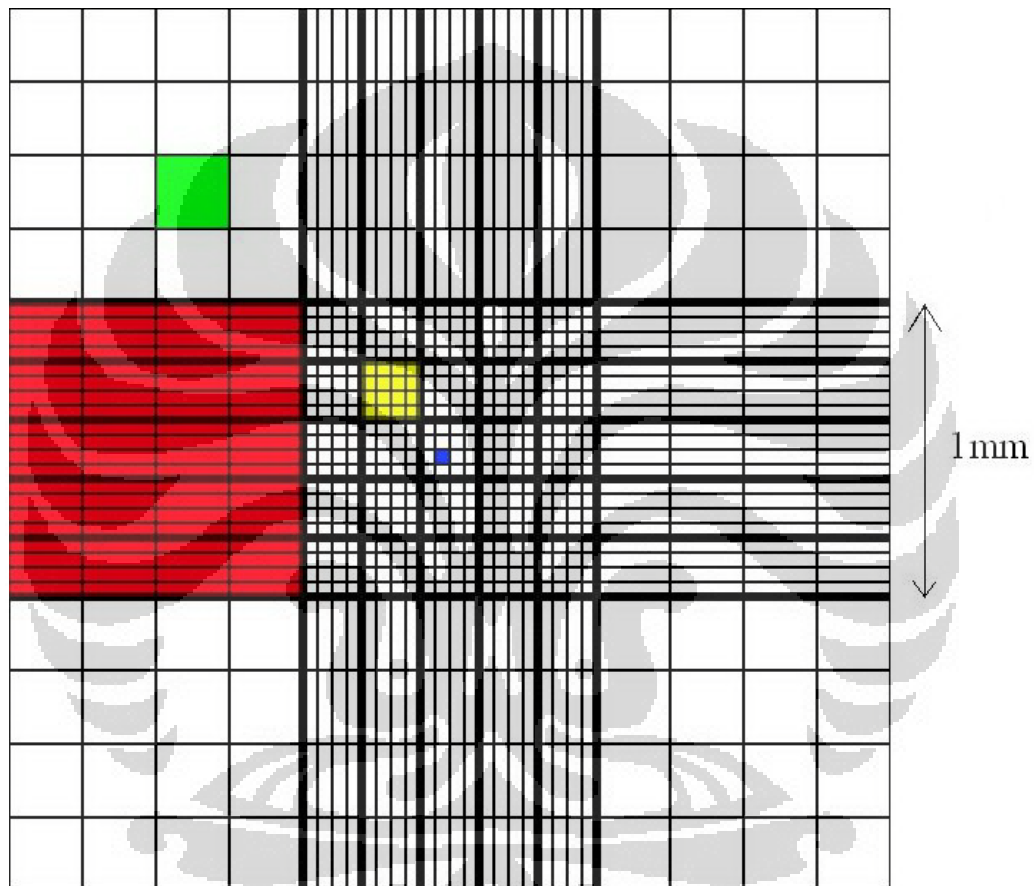


Gambar 3.1 penampang atas kamar hitung *Improved Neubauer*

Dari gambar (3.1) dapat dilihat terdapat parit untuk memasukkan sampel. Agar penyebaran spora dapat merata, maka setiap jalur pada parit akan digunakan untuk menginjeksikan sampel. Setelah menginjeksikan sampel, permukaan chamber ditutup dengan cover glass, agar permukaan tidak membesar dan gampang untuk diamati dengan mikroskop.



Gambar 3.2 Penampang samping kamar hitung *Improved Neubauer*



Gambar 3.3 kotak-kotak pada *counting chamber*

(http://en.wikipedia.org/wiki/File:Haemocytometer_Grid.png)

Luas kotak merah adalah 1mm^2 , luas kotak hijau 0.0625mm^2 , luas kotak kuning 0.04mm^2 , luas kotak biru 0.0025mm^2 . Dalam perhitungan, volume yang akan digunakan adalah volume kamar dimana letak spora akan dihitung . jika jumlah spora terlalu banyak, untuk menghitung jumlahnya dalam kotak yg besar tentu sedikit sulit, maka dapat digunakan kotak yang kecil yaitu pada kotak berwarna biru atau kotak berwarna kuning pada gambar (3.3). Pada pengambilan

data, penghitungan dilakukan pada kotak berwarna kuning dengan volume 0.004mm^3 .

3.3 MODEL PERHITUNGAN KAPASITANSI SERI DAN PARALLEL

Dalam permodelan ini setiap sel akan dianggap sebagai suatu kumpulan kapastior, Karena sel merupakan bahan dielektrik. Dan penulis mengambil suatu asumsi bahwa setiap sel adalah sama (homogen), sehingga nilai kapasitansi untuk tiap sel pun sama. Sel-sel yang tersusun akan membentuk suatu kombinasi kapasitor seri dan parallel.

Dari persamaan (2.1), untuk mengukur nilai kapasitansi kapasitor parallel yang sejenis, akan mengikuti persamaan

$$C_{tp} = nC \quad (3.2)$$

dan untuk kapasitor yang tersusun seri akan mengikuti persamaan

$$C_{ts} = \frac{C}{m} \quad (3.3)$$

Dimana : C_{tp} adalah kapasitansi total kapasitor parallel

: C_{ts} adalah kapasitansi total kapasitor seri

: n adalah jumlah kapasitor parallel

: m adalah jumlah kapasitor seri

: C adalah nilai kapasitansi untuk 1 kapasitor

Untuk menghitung nilai kapasitansi per sel, penulis akan membuat suatu model sel yang dianggap sebagai kumpulan kapasitor. Karena itu, kita akan menentukan beberapa asumsi, yaitu :

1. Kumpulan Sel dalam suspensi yang dihitung dengan kapasitor dianggap sejenis atau homogen.

2. Kumpulan sel yang berada dalam suspensi tersebut akan membentuk suatu pola kombinasi kapasitor, baik itu seri, parallel, ataupun kombinasi seri dan parallel.
3. Dalam perhitungan jumlah sel menggunakan metode kamar hitung, semua sel akan dianggap hidup, walaupun sel tersebut nantinya akan mati.
4. Dalam perhitungan nilai kapasitansi, semua sel yang mati dan sel yang hidup beserta mediumnya akan dihitung.
5. Berdasarkan hasil eksperimen, jika jumlah sel banyak maka harga kapasitansi total akan naik, dan sebaliknya, harga kapasitansi total akan menurun jika jumlah sel yang dihitung sedikit.

Dengan menggunakan persamaan (3.1) dan persamaan (3.2) ataupun menggabungkan kedua persamaan tersebut, kita dapat membuat suatu permodelan susunan sel *aspergillus niger* untuk mengetahui nilai kapasitansi per selnya. Secara sederhana dapat diwakilkan oleh persamaan berikut :

$$C_T = N.C_P + M.C_S \quad (3.4)$$

dan

$$C_T = C_{aq} + .C_{Ts} \quad (3.5)$$

Dimana : $P = N + M$ = Jumlah sel total yang dihitung

C_T = nilai kapasitansi total yang terukur

C_p = nilai kapasitansi untuk kapasitor parallel

C_s = nilai kapasitansi untuk kapasitor seri

C_{aq} = nilai kapasitansi untuk aquades

C_{Ts} = nilai kapasitansi untuk jumlah sel total

Karena dalam asumsi yang diambil semua jenis kapasitor adalah sama (homogen), lalu persamaan (3.1) dan persamaan (3.2) kita substitusikan ke persamaan (3.3) maka akan didapatkan

$$C_T - C_{aq} = N.C + \frac{C}{M}$$

$$C_{Ts} = \left(N + \frac{1}{M} \right) C \quad (3.6)$$

Dari data hasil eksperimen, nilai kapasitansi total, dan nilai jumlah sel dalam suspensi sudah ada. Tetapi nilai kapasitansi per sel nya dan kombinasi sel yang seri dan parallel belum diketahui. Kedua variable yang belum diketahui ini yang akan dicari dengan bantuan software matlab, dengan mencari semua nilai C yang memungkinkan.

Setelah mendapatkan nilai kapasitansi per selnya (C) untuk satu pengenceran, nilai kapasitansi tersebut akan di uji dengan menggunakan tingkat pengenceran lainnya. Sesuai dengan asumsi yang diambil diatas, bahwa semua kapasitor adalah sama (homogen), maka seharusnya dalam setiap tingkat pengenceran pun nilai kapasitansi per selnya cenderung sama.

3.4 *LEAST SQUARE (KUADRAT TERKECIL)*

Setelah mendapatkan hasil dengan menggunakan iterasi, akan dicoba dibandingkan dengan hasil pada *lest square* (kuadrat terkecil) untuk mendapatkan nilai kapasitansi per selnya. Pada metode *least square* akan dibuat grafik yang kemiringannya (gradient) menunjukkan suatu konstanta, dimana konstanta tersebut mengartikan besar nilai kapasitansi per selnya. Dengan menggunakan persamaan seperti dibawah ini :

$$C_{Ts} = \left(N + \frac{1}{M} \right) C$$

$$\begin{array}{ccc} \downarrow & & \downarrow \quad \downarrow \\ y & = & x \quad a \pm b \end{array} \quad (3.7)$$

Dimana : y = Variasi nilai C_{TS}
x = Variasi nilai P

- a = Nilai kapasitansi per sel
- b = konstanta

harga terbaik dari a dan b dapat dicari dengan metode kuadrat terkecil :

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x) - (\sum x)(\sum xy)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3.8)$$

Dan

$$b = \frac{(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \quad (3.9)$$

Untuk mencari simpangan digunakan persamaan :

$$s_y = \sqrt{\left(\frac{1}{n-2}\right) \left(\sum y^2 - \frac{\sum x^2 (\sum y^2) - 2(\sum x^2)(\sum y)(\sum xy) + n(\sum (xy)^2)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2} \right)} \quad (3.10)$$

$$s_a = s_y \sqrt{\frac{(\sum x^2)}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}} \quad (3.11)$$

$$s_b = s_y \sqrt{\frac{n}{n(\sum x^2) - (\sum x)^2}} \quad (3.12)$$

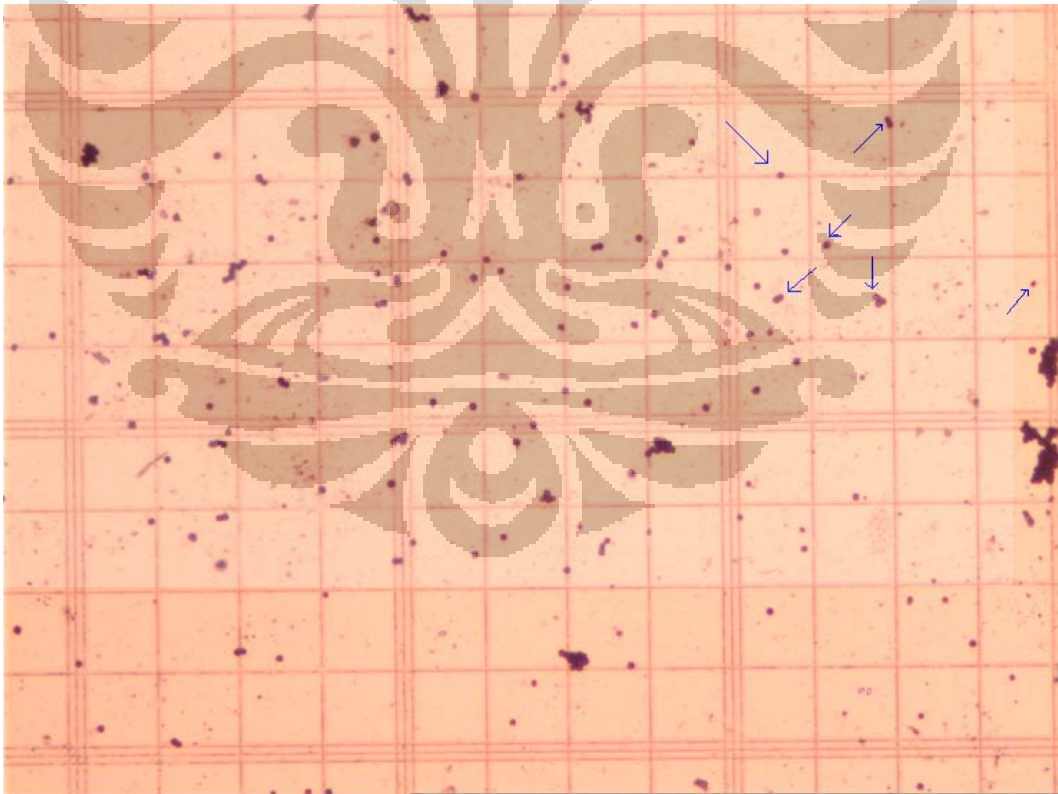
BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 JUMLAH SEL YANG DIDAPAT DARI KAMAR HITUNG

4.1.1 METODE LANGSUNG

Pada pengambilan data jumlah spora pada kamar hitung, dilakukan pada kotak tengah dengan luas area 1mm^2 , pada kotak tersebut dibagi lagi menjadi 25 kotak yang lebih kecil dengan luas area $0,04\text{mm}^2$, kotak ini pun dibagi-bagi lagi menjadi 16 bagian kotak yang lebih kecil dengan luas area $0,0025\text{mm}^2$ untuk tiap kotaknya. Di bawah ini adalah contoh pengambilan data jumlah spora yang terdapat dalam suatu suspensi. Dapat dilihat pada gambar (4.1), spora yang dihitung ditunjukkan oleh tanda panah berwarna biru.



Gambar 4.1 contoh hasil pengambilan gambar *Aspergillus niger*

Pada proses pengambilan data dengan menggunakan kamar hitung hanya dilakukan pada pengenceran 10^{-1} , dan 10^{-2} , hal ini disebabkan karena pada pengenceran tersebut spora yang diamati masih dapat terlihat dengan mudah, sehingga perhitungan pun dapat dilakukan. Sedangkan pada tingkat pengenceran yang lebih tinggi seperti 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , dan seterusnya, spora yang akan dihitung sudah jarang terlihat, hal ini menyebabkan perhitungan akan menjadi kurang akurat. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil eksperimen dapat di buat skema seperti pada gambar (4.2)

9	8	7	9	6
10	3	5	2	1
2	8	0	11	3
8	7	6	9	9
7	2	5	6	6

Gambar 4.2 sebaran jumlah spora yang terlihat pada kotak kamar hitung pada pengenceran 10^{-1}

Dari skema diatas, dapat dihitung bahwa jumlah spora yang total adalah sebanyak 149 buah, dan kamar yang digunakan adalah kamar berwarna kuning pada gambar (3.3) dengan luas $0,04\text{mm}^2$ dan volume $0,004\text{mm}^3$. Dengan menggunakan prinsip perhitungan pada kamar hitung, yaitu

$$\frac{\text{jumlah spora terhitung}}{\text{Volume kamar yang digunakan}} \times \text{jumlah larutan induk}$$

Maka akan didapatkan perkiraan jumlah spora yang ada dalam kamar hitung sebanyak $1,49 \times 10^6$ per mililiter, dan perkiraan jumlah spora yang terdapat dalam 100ml larutan sebanyak $1,49 \times 10^8$.

Setelah memprediksi jumlah spora pada pengenceran 10^{-1} , langkah selanjutnya adalah mengencerkan kembali larutan tersebut, sehingga kita dapatkan pengenceran 10^{-2} . Pada larutan dengan tingkat pengenceran 10^{-2} ini pun juga akan dihitung jumlah sporanya dengan metode yang sama. Dan akan didapatkan :

3	1	2	0	4
0	0	2	0	0
3	0	1	1	0
0	0	3	0	0
0	0	0	0	3

Gambar 4.3 sebaran jumlah spora pada pengenceran 10^{-2}

Dari skema diatas dapat di hitung jumlah spora total adalah sebanyak 23 buah. Dengan menggunakan metode kamar hitung maka dalam tiap milliliter larutannya terdapat $2,3 \times 10^5$ buah spora dan dalam 100 mililiter larutannya terdapat $2,3 \times 10^7$ buah spora.

Dari hasil perhitungan jumlah spora dengan metode kamar hitung diatas akan digunakan untuk memprediksi besar nilai kapasitansi per selnya. Larutan sisa pada setiap pengenceran diatas akan dihitung nilai kapasitansinya dengan menggunakan kapasitor yang telah dirancang khusus untuk menghitung cairan. Kapasitor ini memiliki volume sebesar 100ml, sehingga larutan suspensi yang berisi spora, akan dimasukkan kedalam kapasitor sebanyak 100ml.

Setelah larutan dimasukkan ke dalam, kapasitor akan dihitung nilai kapasitansinya menggunakan kapasitometer, dan hasil yang didapatkan adalah sebesar $8,95 \mu\text{F}$ untuk pengenceran 10^{-1} dan $8,3 \mu\text{F}$ untuk pengenceran 10^{-2} . Nilai tersebut merupakan nilai kapasitansi total, yaitu gabungan antara nilai kapasitansi total sel dan kapasitansi aquades sebagai mediumnya. Maka menurut persamaan (3.5)

$$C_T = C_{aq} + .C_{Ts}$$

untuk mendapatkan nilai kapasitansi total sel, perlu dikurangi nilai kapasitansi aquades sebesar $4,12 \mu\text{F}$, dan akan didapatkan nilai kapasitansi sel total (C_{TS}) sebesar $4,83 \mu\text{F}$ untuk pengenceran 10^{-1} dan $4,18 \mu\text{F}$ untuk pengenceran 10^{-2} . Dari metode ini, kita mendapatkan 2 buah nilai, yaitu nilai kapasitansi total sel dan jumlah sel dalam larutan, kedua nilai ini nantinya akan dikombinasikan untuk menentukan susunan sel dalam materi dielektrik.

4.1.2 METODE KERTAS SARING

Pada metode ini sedikit berbeda dengan metode langsung karena menggunakan kertas saring. Tingkat pengenceran yang dilakukan tetap sama tetapi volume pengenceran dikurangi menjadi 10mililiter.

Hasil yang terlihat pada tingkat pengenceran 10^{-1}

7	4	2	2	3
7	5	4	2	4
6	3	3	5	1
4	9	3	6	7
6	0	4	1	3

Gambar 4.4 sebaran jumlah spora (metode kertas saring) pada pengenceran 10^{-1}

Dari skema diatas dapat di hitung jumlah spora total adalah sebanyak 101 buah. Dengan menggunakan metode perhitungan kamar hitung maka dalam tiap milliliter larutannya terdapat $1,01 \times 10^6$ buah spora dan dalam 10 milliliter larutannya terdapat $1,01 \times 10^7$ buah spora.

Sedangkan hasil yang diperoleh pada tingkat pengenceran 10^{-2} adalah sebagai berikut :

0	2	0	0	0
0	0	0	1	0
3	0	0	2	0
1	2	1	0	1
2	0	2	2	0

Gambar 4.5 sebaran jumlah spora (metode kertas saring) pada pengenceran 10^{-2}

Dari skema diatas dapat di hitung jumlah spora total adalah sebanyak 19 buah. Dengan menggunakan metode perhitungan kamar hitung maka dalam tiap milliliter larutannya terdapat $1,9 \times 10^5$ buah spora dan dalam 10 milliliter larutannya terdapat $1,9 \times 10^6$ buah spora.

Setelah mendapatkan perkiraan jumlah sel pada metode kamar hitung, selanjutnya suspensi yang berisi 10mililiter aquades+spora tersebut akan dituangkan ke kertas saring dan akan dihitung nilai kapasitansinya.

Sedikit berbeda dengan perhitungan pada metode langsung, karena pada metode ini yang dihitung adalah kertas saring yang telah dituangkan suspensi yang berisi aquades+spora. Menurut persamaan dibawah ini

$$C_T = C_{KS} + C_{aq} + .C_{Ts}$$

Maka akan didapatkan nilai kapasitansi total sel setelah dikurangi nilai kapasitansi aquades+nilai kapasitansi kertas saring adalah sebesar 5,84 μ F untuk pengenceran 10^{-1} dan 5,23 μ F untuk pengenceran 10^{-2} . Prosedur yang sama seperti pada metode sebelumnya akan dilakukan, yaitu mencari kombinasi untuk memprediksi susunan sel dalam materi dielektrik untuk setiap pengenceran yang dilakukan. Dengan mengetahui susunan sel, kita akan dapat menentukan besar nilai kapasitansi per sel nya.

Nilai kapasitansi per sel yang didapat untuk setiap pengenceran, akan dibandingkan dengan nilai kapasitansi per sel pada tingkat pengenceran yang lainnya, karena nilai yang seharusnya sama, mungkin akan berubah pada tingkat pengenceran yang lainnya, hal ini dapat disebabkan adanya susunan sel yang berubah pada tiap pengenceran

4.2 NILAI KAPASITANSI PER SEL YANG DIPEROLEH DENGAN PERMODELAN KAPASITOR SERI DAN PARALLEL

Setelah mendapatkan nilai kapasitansi suspensi sel dari metode langsung dan metode kertas saring serta mendapatkan prediksi jumlah sel pada kedua metode tersebut, maka kita akan mencoba menentukan nilai kapasitansi per selnya dengan memprediksi susunan sel sebagai kombinasi antara kapasitor seri dan parallel, dengan mengikuti persamaan (3.6)

$$C_{Ts} = \left(N + \frac{1}{M} \right) C$$

4.2.1 METODE LANGSUNG

dari data hasil eksperimen yang tertera pada table dibawah ini :

pengenceran	C sel(μ F)
10^{-1}	4,83
10^{-2}	4,18
10^{-3}	3,10
10^{-4}	2,67
10^{-5}	2,55
10^{-6}	2,51

Table 4.1 nilai kapasitansi (sel+aquades) untuk setiap tingkat pengenceran

Dapat kita prediksi susunan selnya dengan menggunakan metode kapasitor seri dan parallel. Jumlah sel sudah diketahui dari metode kamar hitung. Karena prediksi jumlah sel hanya dapat dilakukan pada tingkat pengenceran 10^{-1} dan 10^{-2} saja, maka prediksi nilai kapasitansi per selnya pun hanya dapat dilakukan pada tingkat pengenceran tersebut. Dengan menggunakan persamaan (3.5) maka akan didapatkan hasil pada tingkat pengenceran 10^{-1} :

1. Ketika susunan sel seri semuanya maka nilai kapasitansi per sel nya adalah 719,67 F
2. Ketika susunan sel parallel semua maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $2,49 \times 10^{-14}$ F
3. Ketika susunan sel $\frac{1}{2}$ seri dan $\frac{1}{2}$ parallel maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $6,48 \times 10^{-14}$ F
4. Ketika susunan sel dominan seri ($\frac{39537}{40000}$ seri dan $\frac{463}{40000}$ parallel) nilai kapasitansi per selnya adalah $2,80 \times 10^{-12}$

Dan pada tingkat pengenceran 10^{-2} akan didapatkan

1. ketika susunan sel seri semuanya maka nilai kapasitansi per sel nya adalah 124,98 F
2. ketika susunan sel parallel semua maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $1,39 \times 10^{-13}$ F

3. Ketika susunan sel $\frac{1}{2}$ seri dan $\frac{1}{2}$ parallel maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $3,63 \times 10^{-13}$ F
4. Ketika susunan sel dominan seri (18702/20000 seri dan 1298/20000 parallel) nilai kapasitansi per selnya $2,80 \times 10^{-12}$

4.2.1 METODE KERTAS SARING

Dari data hasil eksperimen yang tertera dibawah ini :

pengenceran	C (sel) (μ F)
10^{-1}	5,84
10^{-2}	5,23
10^{-3}	4,21
10^{-4}	3,33
10^{-5}	2,38
10^{-6}	1,44

Table 4.2 nilai kapasitansi (sel+aquades) untuk setiap tingkat pengenceran

Akan kembali kita hitung nilai kapasitansi perselnya seperti yang telah dilakukan sebelumnya dengan metode yang sama. Dengan referensi jumlah sel yang didapatkan pada metode kamar hitung maka akan kita peroleh :

Pada tingkat pengenceran 10^{-1}

1. Ketika susunan sel seri semuanya maka nilai kapasitansi per sel nya adalah 58,98 F
2. Ketika susunan sel parallel semua maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $5,78 \times 10^{-13}$ F
3. Ketika susunan sel $\frac{1}{2}$ seri dan $\frac{1}{2}$ parallel maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $1,15 \times 10^{-12}$ F
4. Ketika susunan sel dominan seri (1587/2000 seri dan 413/2000 parallel) nilai kapasitansi per selnya $2,80 \times 10^{-12}$ F

Pada tingkat pengenceran 10^{-2}

1. Ketika susunan sel seri semuanya maka nilai kapasitansi per sel nya adalah 9,94 F
2. Ketika susunan sel parallel semua maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $2,75 \times 10^{-12}$ F
3. Ketika susunan sel $\frac{1}{2}$ seri dan $\frac{1}{2}$ parallel maka nilai kapasitansi per sel nya adalah $5,50 \times 10^{-12}$ F
4. Ketika susunan sel dominan parallel (58/59 parallel dan 1/59 seri) maka nilai kapasitansi per sel nya $2,80 \times 10^{-12}$ F

4.3 PEMBAHASAN HASIL KEDUA METODE

Pada hasil yang diperoleh diatas, kita mengambil harga patokan pada pengukuran yang jumlah selnya paling sedikit yaitu pada metode kertas saring tingkat pengenceran 10^{-2} . dapat dilihat dari hasil-hasil yang diperoleh diatas, nilai kapasitansi per sel dari hasil eksperimen diperkirakan 2,80PF, sehingga dalam permodelan ini, akan dicari nilai yang mendekati 2,80PF.

Untuk mendapatkan harga 2,80PF pada setiap pengenceran, kita perlu menentukan kombinasi susunan sel tertentu, dan susunan sel tersebut belum tentu sama untuk setiap pengenceran. Hal ini disebabkan karena jumlah sel yang dihitung berbeda, maka interaksi-interaksi yang terjadi pada tiap-tiap sel pun berbeda.

Dari hasil diatas, pada metode kertas saring pengenceran tingkat 10^{-2} didapatkan jumlah sel yang terukur lebih sedikit daripada tingkat pengenceran lainnya, dengan mengambil patokan harga 2,80PF kita mendapatkan bahwa susunan sel lebih cenderung membentuk kombinasi parallel yaitu 58/59 bagian parallel dan 1/59 bagian seri dari total sel sebanyak $1,9 \times 10^6$.

Tetapi jika dibandingkan dengan tingkat pengenceran lainnya, susunan sel 58/59 bagian seri dan 1/59 bagian parallel tidak berlaku, karena hasil yang didapatkan akan berbeda jika susunan sel seperti ini. Sehingga perlu dicari kembali susunan sel baru yang memenuhi harga kapasitansi per selnya sebesar 2,80PF. salah satu faktor yang menyebabkan berbedanya susunan sel adalah

banyaknya jumlah sel yang diukur dalam kapasitor. jika kita melihat perbandingan antara jumlah seri dan parallel pada setiap hasil diatas, terdapat kecenderungan jika jumlah sel semakin banyak (konsentrasi suspensi semakin pekat) maka sel akan membentuk kombinasi seri yang lebih dominan daripada kombinasi parallel. dan ketika konsentrasi sel yang diukur oleh kapasitor semakin sedikit, maka sel-sel tersebut pun akan lebih cenderung membentuk kombinasi parallel lebih banyak daripada seri.

4.4 HASIL DENGAN METODE *LEAST SQUARE* (KUADRAT TERKECIL)

Dari hasil diatas akan dibandingkan dengan metode *least square*. Dengan menggunakan persamaan :

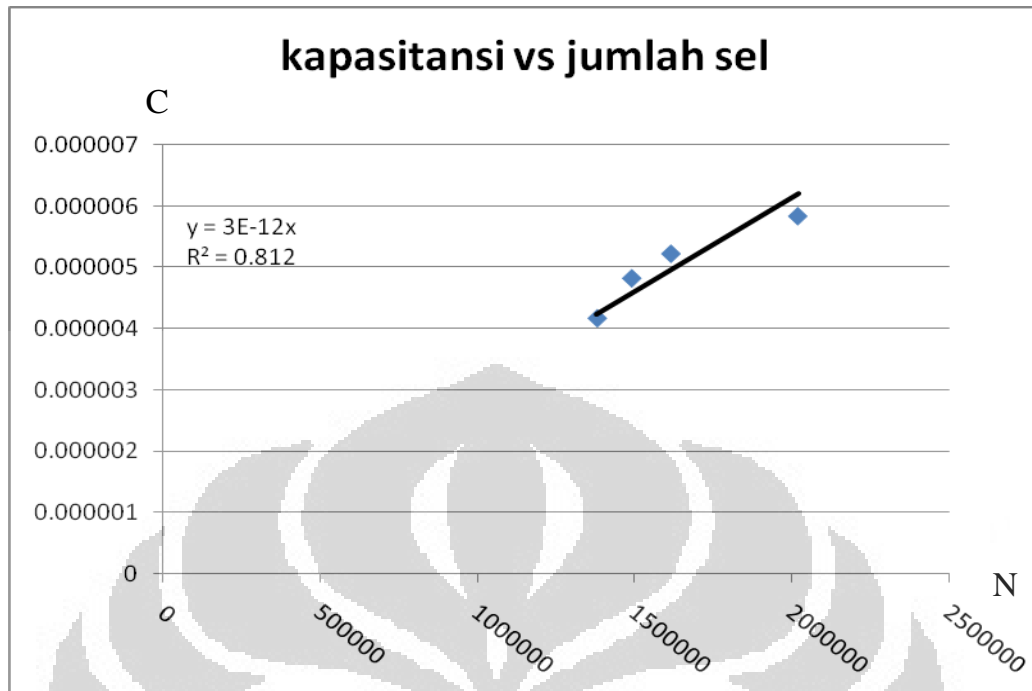
$$C_{Ts} = \left(N + \frac{1}{M} \right) C$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 y = x $a \pm b$

Dimana C_{Ts} merepresentasikan y , $\left(N + \frac{1}{M} \right)$ merepresentasikan x , dan C merepresentasikan a akan dibuat grafik hasil perhitungan *least square* dengan variasi nilai N , dimana $M = P - N$. Variasi nilai N akan disesuaikan dengan tingkat pengenceran masing-masing suspensi dan jumlah total sel pada tiap-tiap suspensi. Dari grafik dibawah didapatkan nilai $y = 3E-12x$ dimana angka tersebut menunjukkan kemiringan (*gradient*) dari persamaan garis tersebut. Dan konstanta 3×10^{-12} merepresentasikan nilai kapasitansi per selnya.

Jika kita menghitung nilai a pada persamaan (3.7) menggunakan persamaan (3.8) maka akan didapatkan nilai a sebesar 2.36×10^{-12}

Jika dibandingkan hasil *least square* dengan hasil iterasi nilai kapasitansi sel tidak jauh berbeda. Jika nilai tersebut dirata-rata kan akan mendapatkan nilai sebesar 2.58×10^{-12} . Nilai ini sudah mendekati hasil dari eksperimen.



Jika dilihat dari grafik diatas, koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,812. Nilai tersebut sudah mendekati 1 yang mengartikan mendekati kebenaran. Timbulnya pergeseran nilai diatas bisa disebabkan oleh data yang kurang baik. Hal-hal tersebut bisa disebabkan karena adanya interaksi antar sel yang berbeda ketika pengambilan data, ataupun adanya sel-sel yang mati, sel-sel yang melakukan reproduksi, dll, sehingga memberikan nilai kapasitansi yang berbeda untuk tiap selnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

1. Kumpulan sel yang akan dihitung nilai kapasitansinya dengan kapasitor yang didesain untuk menghitung cairan, dapat dimodelkan sebagai kumpulan kapasitor- kapasitor yang membentuk suatu koombinasi seri dan parallel
2. Nilai kapasitansi per sel *Aspergillus niger* dari grafik hasil *least square* diperkirakan sebesar 3,00PF dengan koefisien korelasi sebesar 0,812
3. Susunan sel pada suspensi, cenderung membentuk kombinasi parallel lebih banyak daripada seri ketika konsentrasi sel yang diukur sedikit, dan cenderung membentuk kombinasi seri lebih banyak ketika suspensi yang diukur mengandung konsentrasi sel yang lebih pekat.

5.2 SARAN

Dalam rangka pengembangan penelitian pada periode selanjutnya, modifikasi kapasitor agar mendapatkan data yang lebih baik sangat diperlukan. Karena pada dasarnya, untuk pembuatan suatu model sangat diperlukan data yang akurat.

DAFTAR REFERENSI

- Azwar, Edwin. (2007). *Produksi Asam Stirat dari Onggok dengan Fermentasi Metode Sub Merge Menggunakan Aspergillus niger*. Laporan Hasil Penelitian Dosen Muda. Fakultas Teknik Kimia, Universitas Lampung
- Berg, H.C., Turner, L. (1993). *Torque Generated by the Flagella Motor of E. coli*. Biophysical Journal. Vol.65.
- Buku Pedoman Praktikum Fisika Dasar* Edisi 2004. Laboratorium Fisika Dasar, Unit Pelaksana Pendidikan Ilmu Pengetahuan Dasar, Universitas Indonesia.
- Christian, Paul *Studi Pengukuran Kuantitas Sel Saccharomyces dengan kapasitor*. Skripsi S1 Fisika, FMIPA UI, 2005.
- 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.
- Fricke et al. (1956) *A Dielectric Study of Low Conductance Surface Membrane in E.coli*. Nature Journal Department of Bacteriology, Vol.177.
- Gray, W.D. (1970). *The Use of Fungi as Food and in Food Processing*. Ohio: CRC Press.
- Griffith, David. J.. (1981) *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall, New Jersey.
- Halliday & Resnick. (14 mei 1984). *Fisika* jilid 2 edisi 3, Erlangga.
- Hope, W. (1983). *Biophysics*. Springer & Verlag, Berlin.
- Indrawati Ganjar, Robert A. Samson, Karin Van Den Tweel-vermeulen, Ariyanti Oetari, Iman Santoso. (1999). *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Universitas Indonesia, Indonesia, Central Bureau Voor Schimmelcultures, baaru the Netherlands.
- Iwasa, K.H. (1993) *Effect of Stress on the Membrane Capacitance of the Auditory Outer Hair Cell*. Biophysical Journal, Volume 65:492-498.
- Joklik, Wolfgang K. (1992) *Zinser Microbiologi* 20th edition. Connecticut: Appleton & lange.

Kartini, Dini. *Studi Perbandingan Jumlah Bakteri Streptococcus agalactiae dengan Metode Absorbasni Total Plate Count (TPC) dan Counting Chamber (CC)*. Skripsi S1 Fisika, FMIPA UI.

Kurniawati, Lilis. (1998). *Pengukuran Kapasitansi Kapasitor dengan Medium Sel Bakteri Escherichia coli, Staphylococcus auerus dan Streptococcus agalictae*. Departemen Fisika UI. Depok.

Musbach, M. et al. (Maret, 2005). *Perhitungan Jumlah Sel in vivo Escherichia coli & 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 cerevisae*. Seminar Nasional Biofisika dan Fisika Medis, Institut Pertanian Bogor

Sumarsih, Sri, (Agustus, 2003). *Diktat Kuliah Mikrobiologi Dasar*, Fakultas Pertanian, UPN "VETERAN", Yogyakarta.

Try Mauleny, Ariesy. (1998). *Analisis Hubungan Nilai Kapasitansi Listrik dengan Kuantitas Sel Bakteri Escherichia coli*. Skripsi S1 Fisika, FMIPA UI.

Wibawan, I.W.T., Lammler, C. (1993). *Relation between Serotype of Streptococci of Serological Group B and Growth Rate at Early Logarithmic Phase*. (Paul Parey Scientific Publishers, Berlin dan Hamburg).

Volk & Wheeler. (1990). *Mikrobiologi Dasar* Edisi Kelima Jilid 2. Erlangga

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aspergillus_niger_on_SDA.JPG

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aspergillus_nigar_Micrograph.jpg

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Haemocytometer_Grid.png

<http://www.scribd.com/doc/9680470/Buku-Ajar-Mikrobiologi>

<http://kacatko.files.wordpress.com/2008/11/asexual-structures-of-aspergillus-niger.jpg>

LAMPIRAN

1. Data kapasitansi aquades terhadap waktu

t(s)	C air (μF)
360	2.71
420	3.71
480	3.95
540	4.08
600	4.19
660	4.36
720	4.47
780	4.64
840	4.72
900	4.8

2. Data kapasitansi aquades + kertas saring terhadap waktu

t(menit)	C (aquades+kertas saring)
46	4.6
47	4.5
48	3.6
49	4.2
50	4.3
51	4.2
52	4.9
53	3.9
54	4.2
55	4.1
56	4
57	4.2
58	4.1
59	4.1
60	4.2

3. Data pengenceran sel terhadap kapasitansi total (sel+aquades)

pengenceran	C (sel+aquades)(μ F)
10^{-1}	8.95
10^{-2}	8.3
10^{-3}	7.2
10^{-4}	6.79
10^{-5}	6.67
10^{-6}	6.63

4. Data pengenceran sel setelah dikurangi dengan aquades

pengenceran	C (sel+aquades)(μ F)
10^{-1}	4.83
10^{-2}	4.18
10^{-3}	3.08
10^{-4}	2.67
10^{-5}	2.55
10^{-6}	2.51

5. Data pengenceran sel terhadap kapasitansi sel+kertas saring+aquades

pengenceran	C (sel+aq+KS) (μ F)
10^{-1}	9.86
10^{-2}	9.252
10^{-3}	8.23
10^{-4}	7.35
10^{-5}	6.4
10^{-6}	5.46

6. Data pengenceran sel terhadap kapasitansi sel setelah dikurangi kertas saring dan aquades

pengenceran	C (sel+aq+KS) (μF)
10^{-1}	5.84
10^{-2}	5.23
10^{-3}	4.21
10^{-4}	3.33
10^{-5}	2.38
10^{-6}	1.44

