



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

# **SINTESIS DAN KARAKTERISASI MEMBRAN ELEKTROLIT SEBAGAI BAHAN DIELEKTREK PADA SUPERKAPASITOR**

**SKRIPSI**



**Engrid Latifa Noferita Kaswati**

**07135043**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS ANDALAS  
PADANG 2011**

## KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan Alhamdulillah kepada ALLAH SWT atas rahmat dan karunia yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi dengan judul **“Sintesis dan Karakterisasi Membran Elektrolit Sebagai Bahan Dielektrik pada Superkapasitor”**. Penulisan skripsi merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana program S1 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu baik berupa tenaga dan doa dalam penelitian dan penulisan skripsi ini, terutama kepada :

1. Kedua orangtua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa.
2. Ibu Astuti, M.Si selaku pembimbing utama yang telah memberikan petunjuk, saran, semangat, motivasi serta arahan selama penulisan skripsi ini.
3. Bapak Sri Mulyadi Dt Basa, M.Si, Ibu Dian Milvita, M.Si, dan Ibu Dr. Dwi Puryanti sebagai penguji yang telah memberikan kritikan, petunjuk, serta saran selama penulisan skripsi.
4. Ketua Jurusan Fisika Bapak Arif Budiman, M.Si yang selalu memberikan kemudahan kepada penulis.
5. Seluruh dosen dan karyawan Jurusan Fisika FMIPA UNAND yang telah memberikan pendidikan selama di Jurusan Fisika FMIPA UNAND.

## Sintesis dan Karakterisasi Membran Elektrolit sebagai Bahan Dielektrik Pada Superkapasitor

### ABSTRAK

Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan membran elektrolit yang dapat mendukung performa superkapasitor. Membran dibuat dengan komposisi Polivinil Alkohol (PVA) dengan variasi garam elektrolit, yaitu NaCl dan NaOH. Dari hasil pengujian sifat listrik membran menggunakan LCR meter didapatkan kapasitansi membran tertinggi berada pada frekuensi 0.1 KHz. Nilai kapasitansi membran elektrolit menggunakan PVA dan NaCl adalah sebesar  $2.68 \times 10^{-6}$  F dan PVA dengan NaOH sebesar  $2.34 \times 10^{-6}$  F. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa membran dengan penambahan garam NaOH kurang dari 0.14 gr, memiliki bentuk fisik permukaan yang rata dan halus sedangkan penambahan massa garam berikutnya menyebabkan permukaan membran berkerut. Lain halnya dengan penambahan garam NaCl untuk semua sampel secara umum permukaan membran lebih halus dan tetap menghasilkan kapasitansi yang besar, sehingga cocok untuk diaplikasikan sebagai bahan dielektrik pada superkapasitor.

**Kata kunci :**

Dielektrik, kapasitansi, membran elektrolit, Polivinil Alkohol (PVA), superkapasitor.

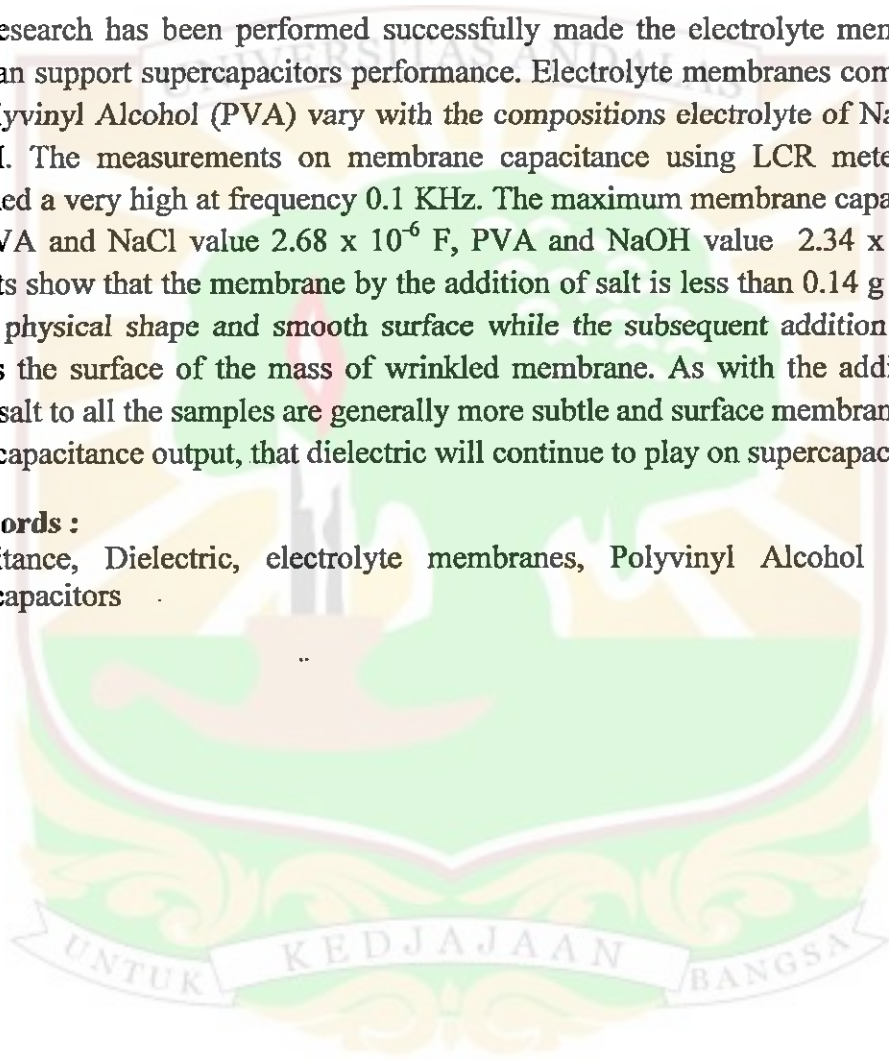
## **Synthesis and Characterization Electrolyte Membranes as Dielectric for Supercapacitors**

### **ABSTRACT**

The research has been performed successfully made the electrolyte membranes that can support supercapacitors performance. Electrolyte membranes comprising of Polyvinyl Alcohol (PVA) vary with the compositions electrolyte of NaCl and NaOH. The measurements on membrane capacitance using LCR meter were obtained a very high at frequency 0.1 KHz. The maximum membrane capacitance for PVA and NaCl value  $2.68 \times 10^{-6}$  F, PVA and NaOH value  $2.34 \times 10^{-6}$  F. Results show that the membrane by the addition of salt is less than 0.14 g NaOH, has a physical shape and smooth surface while the subsequent addition of salt causes the surface of the mass of wrinkled membrane. As with the addition of NaCl salt to all the samples are generally more subtle and surface membrane and a large capacitance output, that dielectric will continue to play on supercapacitors.

**Keywords :**

capacitance, Dielectric, electrolyte membranes, Polyvinyl Alcohol (PVA), supercapacitors



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Manfaat .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Landasan Teori .....	6
2.2.1 Kapasitor .....	6
2.2.2 Kapasitansi .....	8
2.2.3 Dielektrik .....	9
2.2.4 Superkapasitor .....	12
2.2.5 Membran Elektrolit .....	14
2.2.6 LCR meter .....	17



### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2 Prosedur Penelitian.....	19
3.2.1 Alat dan Bahan Penelitian .....	20
3.2.2 Tata Laksana Penelitian.....	27

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Karakteristik Fisik Sampel .....	32
4.2 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran.....	34
4.2.1 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran dengan Larutan Elektrolit NaCl.....	34
4.2.2 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran dengan Larutan Elektrolit NaOH.....	43

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	54
5.2 Saran .....	54

### **DAFTAR KEPUSTAKAAN .....**

56

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
<b>Gambar 2.1</b> Kondensator dan simbolnya .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Kapasitor dan simbolnya .....	7
<b>Gambar 2.3</b> Penampang Superkapasitor.....	12
<b>Gambar 2.4</b> Prinsip <i>electrochemical double layer capacitors</i> (EDLCs) .....	13
<b>Gambar 2.5</b> Struktur polivinil alkohol .....	15
<b>Gambar 3.1</b> Alur tahapan penelitian .....	20
<b>Gambar 3.2</b> Cawan petri .....	20
<b>Gambar 3.3</b> Oven UNB 400 .....	21
<b>Gambar 3.4</b> Gelas <i>beaker</i> .....	21
<b>Gambar 3.5</b> (a) <i>Hot plate</i> C-MAG HS 7 (b) <i>magnetic stirrer</i> .....	22
<b>Gambar 3.6</b> Sinyal Generator model GFG-8015G.....	23
<b>Gambar 3.7</b> Probe .....	23
<b>Gambar 3.8</b> Plat tembaga.....	24
<b>Gambar 3.9</b> Neraca digital model PGW 2502i.....	24
<b>Gambar 3.10</b> Mikrometer sekrup .....	24
<b>Gambar 3.11</b> LCR meter - 9073 .....	25
<b>Gambar 3.12</b> Polivinil Alkohol .....	25
<b>Gambar 3.13</b> Asetonitril .....	26
<b>Gambar 3.14</b> Natrium Hidroksida .....	26
<b>Gambar 3.15</b> Natrium Klorida .....	27
<b>Gambar 3.16</b> Skema Rangkaian .....	29

<b>Gambar 3.17</b> Skema Pengukuran Ketebalan .....	31
<b>Gambar 4.1</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 0.1 KHz .....	36
<b>Gambar 4.2</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 1 KHz .....	36
<b>Gambar 4.3</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 10 KHz .....	37
<b>Gambar 4.4</b> Grafik hubungan frekuensi dengan kapasitansi membran PVA- NaCl .....	39
<b>Gambar 4.5</b> Grafik hubungan frekuensi dengan konstanta dielektrik membran PVA-NaCl.....	42
<b>Gambar 4.6</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 0.1 KHz .....	45
<b>Gambar 4.7</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 1 KHz .....	45
<b>Gambar 4.8</b> Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 10 KHz .....	46
<b>Gambar 4.9</b> Grafik hubungan frekuensi dengan kapasitansi membran PVA- NaOH .....	48
<b>Gambar 4.10</b> Grafik hubungan frekuensi dengan konstanta dielektrik membran PVA-NaOH.....	52



## DAFTAR TABEL

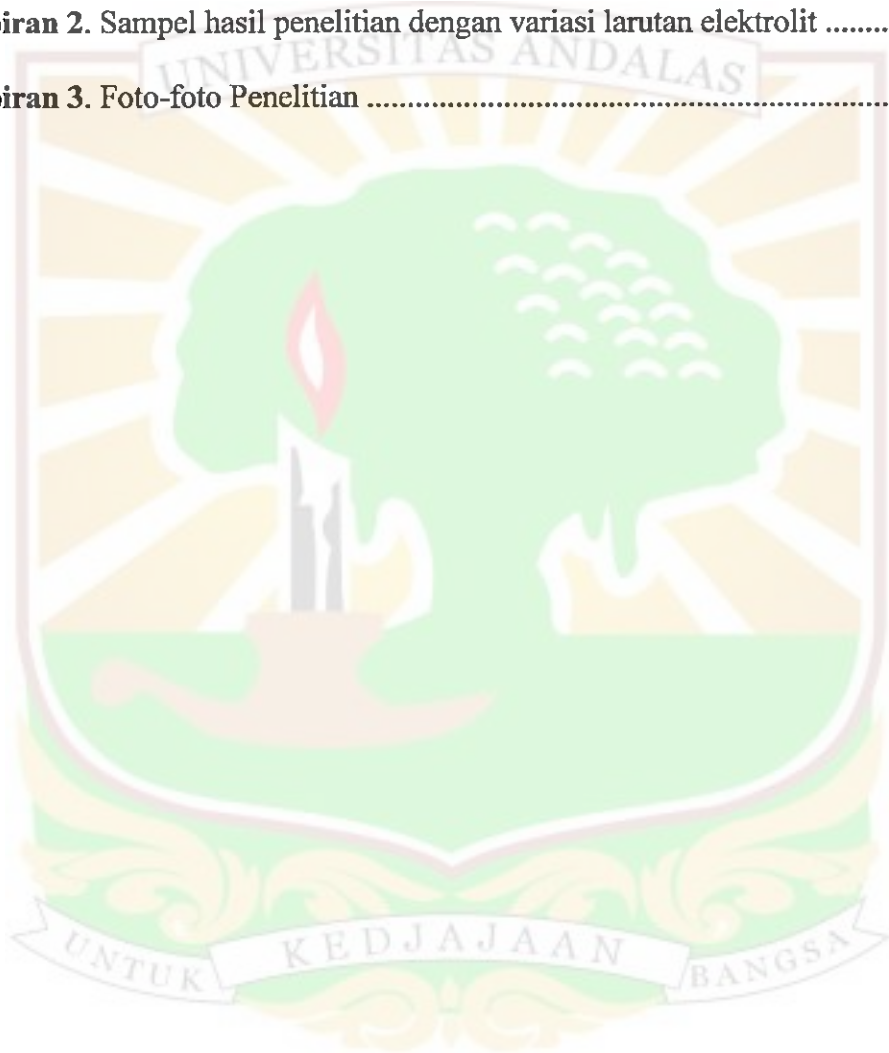
	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 2.1</b> Konstanta Dielektrik .....	11
<b>Tabel 3.1</b> Perbandingan PVA dan NaCl .....	28
<b>Tabel 3.2</b> Perbandingan PVA dan NaOH .....	28
<b>Tabel 4.1</b> Sampel hasil penelitian dengan variasi larutan elektrolit .....	33
<b>Tabel 4.2</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 0,1 KHz .....	34
<b>Tabel 4.3</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 1 KHz .....	35
<b>Tabel 4.4</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 10 KHz .....	35
<b>Tabel 4.5</b> Nilai kapasitansi membran elektrolit NaCl dengan variasi frekuensi .....	38
<b>Tabel 4.6</b> Data ketebalan membran PVA-NaCl .....	40
<b>Tabel 4.7</b> Nilai konstanta dielektrik membran elektrolit NaCl dengan variasi frekuensi .....	41
<b>Tabel 4.8</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 0,1 KHz .....	43
<b>Tabel 4.9</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 1 KHz .....	44
<b>Tabel 4.10</b> Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH	

pada frekuensi 10 KHz .....	44
<b>Tabel 4.11</b> Nilai kapasitansi membran elektrolit NaOH dengan variasi frekuensi .....	47
<b>Tabel 4.12</b> Data ketebalan membran PVA-NaOH .....	51
<b>Tabel 4.13</b> Nilai konstanta dielektrik membran elektrolit NaCl dengan variasi frekuensi .....	52



## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
<b>Lampiran 1.</b> Nilai kapasitansi membran elektrolit .....	58
<b>Lampiran 2.</b> Sampel hasil penelitian dengan variasi larutan elektrolit .....	59
<b>Lampiran 3.</b> Foto-foto Penelitian .....	60



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Ilmu dan teknologi memainkan peran penting untuk memodifikasi sifat-sifat material dalam penggunaan, sintesis, dan pengolahan material baru yang dirancang sejak awal agar memiliki sifat tertentu. Penelitian tentang berbagai aspek dari pengembangan material polimer selalu dilakukan antara lain tentang polimer biodegradasi dan polimer penghantar listrik. Penelitian tentang pengolahan atau pemanfaatan material, misalnya untuk membuat peralatan elektronik yang bermanfaat untuk kebutuhan manusia juga mulai banyak ditemukan.

Kemajuan teknologi elektronika mendorong para peneliti untuk menemukan penemuan baru salah satunya adalah superkapasitor dengan menggunakan membran elektrolit. Pesatnya riset terhadap superkapasitor dikarenakan manfaat yang sangat besar bagi perkembangan peralatan elektronik. Superkapasitor ini menawarkan kapasitansi tinggi di dalam paket kecil dan memiliki kemampuan untuk menyimpan energi lebih cepat.

Penelitian untuk mendapatkan superkapasitor dalam pemanfaatannya di bidang elektronika mendapatkan perhatian yang sangat luar biasa. Aplikasi elektronika membutuhkan komponen pasif untuk menyimpan muatan listrik dalam ukuran kecil (Schneuwly dkk, 2000). Hal inilah yang mendorong

peneliti melakukan penelitian dan mengembangkan membran elektrolit untuk superkapasitor.

Penggunaan membran elektrolit pada superkapasitor dikarenakan karakteristik yang lebih baik dibandingkan lapisan elektrolit cair, yaitu konduktivitas ioniknya yang besar, memiliki kestabilan kimia, dan kestabilan mekanik. Dalam beberapa tahun terakhir penelitian terbaru untuk membran elektrolit semakin meningkat. Hal ini dikarenakan manfaat dari membran elektrolit yang sangat membantu kebutuhan manusia, seperti pada *fuel cell*, sensor, *electrochromic windows*, dan lain-lain (Rajendran dkk, 2008). Oleh sebab itu, dalam penelitian ini akan dibuat membran elektrolit dari bahan polimer yaitu Polivinil Alkohol (PVA) dengan menggunakan variasi larutan elektrolit, sehingga dapat dihasilkan membran yang dapat mendukung performa superkapasitor.

## **1.2 Tujuan**

Tujuan penelitian adalah membuat membran elektrolit dan menentukan sifat dielektriknya.

## **1.3 Batasan Masalah**

Penelitian dibatasi dengan membuat suatu membran elektrolit dari Polivinil Alkohol (PVA) dengan variasi larutan elektrolit, yaitu NaCl dan NaOH, dan dengan variasi frekuensi yaitu 0.1, 1, dan 10 KHz.



#### 1.4 Manfaat

Beberapa manfaat yang diperoleh dari penelitian diantaranya :

1. Dapat memberikan informasi cara mensintesis membran elektrolit.
2. Dapat menghasilkan membran elektrolit yang nantinya dapat diaplikasikan sebagai bahan dielektrik untuk mendukung performa dari superkapasitor.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Polimer elektrolit banyak dikembangkan dalam pemanfaatannya untuk kebutuhan manusia, seperti pada *fuel cell*, superkapasitor, dan lain-lain. Karakteristik yang dimilikinya membuat penelitian membran elektrolit terus mengalami perkembangan. Salah satu karakteristiknya yaitu dapat menghasilkan konduktivitas yang besar.

Pada penelitian yang telah dilakukan dalam pembuatan membran pada *fuel cell* menggunakan poli (eugenol sulfonat), polisulfon tersulfonasi, poli (vinilidin) fluoride, dan dioktilptalat dengan pelarut dimetil sulfooksida menunjukkan pengaruh suhu terhadap konduktivitas membran di mana konduktivitas meningkat saat kelembaban relatif dinaikkan atau suhu diturunkan. Disamping itu karakteristik struktural dari membran dengan XRD menunjukkan sifat amorf (Amri dkk, 2005).

Pemanfaatan polimer elektrolit lainnya seperti pada pembuatan membran terflorinasi yang secara intensif telah digunakan pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC). Membran ini menunjukkan konduktivitas proton dan stabilitas kimia yang baik, tetapi permeabilitas metanolnya juga tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan penambahan 3% SiO<sub>2</sub> ke dalam Polieter Eter Keton yang tersulfonasi (SPEEK) dapat menaikkan konduktivitas dan menurunkan permeabilitas membran (Hartanto dkk, 2007).

Penelitian dalam pembuatan membran elektrolit pada *Direct Methanol Fuel Cell* (DMFC) pada suhu tinggi ( $>120^{\circ}\text{C}$ ) juga telah dilakukan. Polimer yang digunakan yaitu Polisulfon (PSf) dan Polieter Eter Keton (PEEK). Penggunaan suhu tinggi ini mempunyai keuntungan yaitu meningkatkan reaksi baik di anoda maupun katoda. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa kedua polimer tersebut berpeluang untuk aplikasi DMFC suhu tinggi, walaupun konduktivitas ionik dari polimer PSf perlu ditingkatkan (Handayani dkk, 2007)

Penelitian lainnya yang juga menunjukkan konduktivitas membran elektrolit yang dihasilkan, yaitu pada penggunaan *poly (ethyl methacrylate)/poly (vinyl chloride)* dengan variasi komposisi *Propylene Carbonate* (PC) dan  $\text{LiClO}_4$ . Hasil yang didapatkan menunjukkan konduktivitas ionik meningkat dengan kenaikan temperatur. Nilai konduktivitas maksimum yang dihasilkan sebesar  $3.454 \times 10^{-3} \text{ S/cm}$  dengan kestabilan termal membran (Rajendran dkk, 2008).

Penelitian dalam pemanfaatan membran elektrolit terus mengalami perkembangan. Penelitian terbaru memberikan karakteristik yang berbeda untuk kapasitor yaitu dengan menggunakan polivinil alkohol sebagai dasar pembuatan *Hydrogel Membranes* (PHMEs) pada *electrochemical capacitors*. Pada penelitian ini dengan menambahkan variasi  $\text{HClO}_4$  dan *Black Pearl Carbon* (BPC) didapatkan karakteristik kapasitor yang berbeda, di mana spesifik kapasitansi maksimum yang didapatkan sebesar  $97 \text{ Fg}^{-1}$  (Sampath dkk, 2009).

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Kapasitor

Kapasitor adalah suatu komponen elektronika yang terdiri dari dua buah plat penghantar sejajar yang disekat satu sama lain dengan suatu bahan dielektrik. Dalam kebanyakan pemakaian praktis, setiap konduktor pada mulanya mempunyai muatan netto nol, dan elektron dipindahkan dari suatu konduktor ke konduktor lainnya. Hal ini dinamakan memberi muatan (*charging*) kapasitor (Young dan Freedman, 2000).

Jenis kapasitor yang disebut dengan kondensator diidentifikasi mempunyai dua kaki dan dua kutub yaitu positif dan negatif serta memiliki cairan elektrolit dan biasanya berbentuk tabung. Kondensator dan simbolnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kondensator dan simbolnya

Jenis yang satunya lagi kebanyakan mempunyai nilai kapasitasnya lebih rendah, tidak mempunyai kutub positif atau negatif pada kakinya, kebanyakan berbentuk bulat pipih berwarna coklat, merah, hijau, dan lainnya seperti tablet atau kancing baju yang sering disebut kapasitor. Kapasitor dan simbolnya dapat dilihat seperti pada Gambar 2.2.





Gambar 2.2 Kapasitor dan simbolnya

Komponen ini sangat penting dalam elektronika atau listrik karena mempunyai sifat-sifat :

1. Dapat menyimpan muatan listrik
2. Dapat menahan arus searah
3. Dapat melewatkan arus bolak balik

Kapasitor (Kondensator) yang dalam rangkaian elektronika dilambangkan dengan huruf "C" adalah suatu alat yang dapat menyimpan energi atau muatan listrik di dalam medan listrik, dengan cara mengumpulkan ketidakseimbangan internal dari muatan listrik. Kapasitor ditemukan oleh Michael Faraday (1791-1867), ilmuwan Inggris yang besar jasanya dalam bidang listrik magnet (elektromagnet). Satuan kapasitansi kapasitor disebut Farad (F). Farad adalah ukuran kapasitas yang sangat besar, sehingga ukuran kapasitas kapasitor yang sering digunakan dinyatakan dalam mikrofarad ( $\mu\text{F}$ ), nanofarad (nF), dan pikofarad (pF).

Struktur sebuah kapasitor terbuat dari dua buah plat metal yang dipisahkan oleh suatu bahan dielektrik. Bahan-bahan dielektrik yang umum dikenal misalnya udara vakum, keramik, gelas, dan lain-lain. Jika kedua ujung



plat metal diberi tegangan listrik, maka muatan-muatan positif akan mengumpul pada salah satu kaki (elektroda) metalnya dan pada saat yang sama muatan-muatan negatif terkumpul pada ujung metal yang satu lagi. Muatan positif tidak dapat mengalir menuju ujung kutub negatif dan sebaliknya muatan negatif tidak bisa menuju ke ujung kutub positif, karena terpisah oleh bahan dielektrik yang non-konduktif. Muatan elektrik ini tersimpan selama tidak ada konduksi pada ujung-ujung kakinya. Di alam bebas, fenomena kapasitor ini terjadi pada saat terkumpulnya muatan-muatan positif dan negatif di awan.

Berdasarkan bentuk, kapasitor terdiri dari :

1. Kapasitor bentuk keping sejajar
2. Kapasitor bentuk bola sepusat
3. Kapasitor bentuk silinder

Kapasitor banyak penerapannya pada rangkaian listrik. Kapasitor dipakai untuk mencegah adanya bunga api pada waktu sebuah rangkaian yang mengandung induktansi tiba-tiba terbuka. Efisiensi transmisi daya arus bolak balik sering dapat dinaikkan dengan menggunakan kapasitor besar.

### **2.2.2 Kapasitansi**

Kapasitansi didefinisikan sebagai kemampuan dari suatu kapasitor untuk dapat menampung muatan elektron untuk level tegangan tertentu. Kapasitansi diperoleh dari perbandingan  $Q$  terhadap  $V$ , di mana  $Q$  merupakan

muatan yang disimpan pada salah satu konduktor dan  $V$  merupakan beda potensial antara kedua konduktor.

Satuan kapasitansi adalah Coulomb per Volt atau ( $CV^{-1}$ ) atau farad (F). Satu farad adalah jumlah muatan listrik sebesar satu coulomb yang disimpan di dalam dielektrik (zat perantara) dengan beda potensial sebesar satu volt. Semakin besar kapasitansi  $C$  dari sebuah kapasitor, semakin besar pula besarnya  $Q$  dari muatan pada masing-masing konduktor untuk sebuah selisih potensial  $V$  yang diberikan sehingga makin besar jumlah energi yang tersimpan. Jadi, kapasitansi adalah sebuah ukuran kemampuan sebuah kapasitor untuk menyimpan energi.

Dalam praktek pembuatan kapasitor, kapasitansi dihitung dengan mengetahui luas area plat metal ( $A$ ), jarak ( $d$ ) antara kedua plat metal (tebal dielektrik), konstanta bahan dielektrik ( $\epsilon_r$ ), dan permitivitas ruang hampa ( $\epsilon_0$ ). Nilai dari  $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F.m}^{-1}$ . Kapasitansi suatu kapasitor dapat ditulis dalam bentuk Persamaan 2.1.

$$C = 8.85 \times 10^{-12} \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2.1)$$

### 2.2.3 Dielektrik

Dielektrik adalah bahan isolator yang disisipkan dalam ruang antara keping-keping sebuah kapasitor. Contoh bahan dielektrik adalah kertas, karet, kaca, dan udara. Bahan dielektrik pada suatu kapasitor menghambat aliran arus antar platnya. Kekuatan dielektrik adalah kuat medan listrik maksimum yang dapat dihasilkan dalam dielektrik sebelum dielektrik tersebut tembus

atau rusak dan mulai konduksi (menghantar muatan listrik). Keuntungan pemasangan dielektrik adalah peningkatan kapasitas kapasitor. Besarnya kapasitas kapasitor setelah penyisipan dielektrik dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

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

dengan

$$\epsilon = \epsilon_0 \epsilon_r \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan di atas nilai kapasitansi akan naik sebanding dengan nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ). Kemampuan dari suatu material untuk polarisasi dinyatakan sebagai permitivitas. Permitivitas relatif ( $\epsilon_r$ ) merupakan perbandingan antara permitivitas material ( $\epsilon$ ) dengan permitivitas vakum ( $\epsilon_0$ ).

Bila ruang diantara pelat-pelat diisi sepenuhnya oleh dielektrik, maka perbandingan kapasitansi ( $C$ ) terhadap kapasitansi mula-mula ( $C_0$ ) disebut konstanta dielektrik material itu ( $\epsilon_r$ ) seperti ditunjukkan pada Persamaan 2.4.

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

Penempatan sebuah dielektrik padat di antara pelat-pelat sebuah kapasitor mempunyai tiga fungsi.

1. Dielektrik dapat menyelesaikan permasalahan mekanis yang mempertahankan dua lembar logam terpisah dalam jarak yang sangat kecil tanpa ada sentuhan yang sesungguhnya.
2. Penggunaan sebuah dielektrik akan menambah selisih potensial maksimum yang mungkin diantara pelat-pelat kapasitor.

3. Kapasitansi sebuah kapasitor yang dimensinya tertentu adalah lebih besar bila ada sebuah material dielektrik diantara pelat-pelat itu daripada hanya ada ruang hampa.

Konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) adalah sebuah bilangan murni. Karena  $C$  selalu lebih besar daripada ( $C_0$ ), maka  $\epsilon_r$  selalu lebih besar daripada satu. Beberapa nilai konstanta dielektrik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Konstanta Dielektrik

Bahan	Konstanta dielektrik
Vakum	1
Helium	1.000068
Neon	1.00013
Hidrogen	1.00025
Argon	1.00055
Nitrogen	1.00058
Udara	1.00059
Polietilen	2.26
Kaca	4-7
Porselen	6-8
Methanol	33.6
Air	80.4

(Sumber : Tipler, 1996)

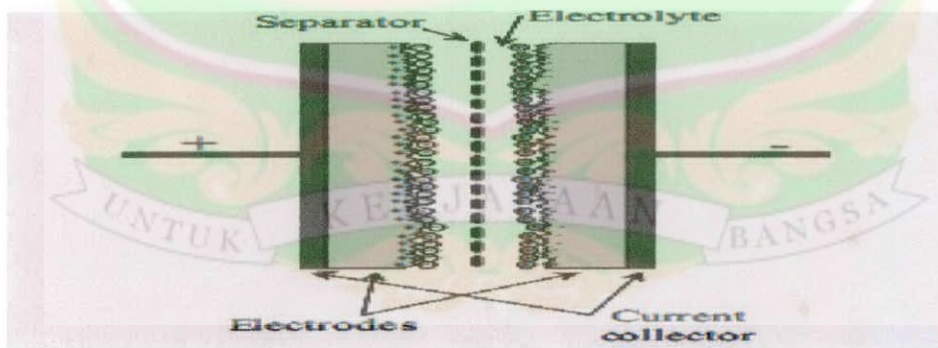
Selain meningkatkan kapasitansi, suatu dielektrik memiliki dua fungsi tambahan dalam suatu kapasitor. Pertama, dielektrik memiliki arti fisis sebagai pemisah dua konduktor, yang seharusnya sangat berdekatan untuk menghasilkan kapasitansi yang besar karena kapasitansi berbanding dengan



jarak pemisah. Kedua, dielektrik dapat meningkatkan kuat dielektrik dari suatu kapasitor karena kuat dielektrik biasanya lebih besar dibandingkan udara.

#### 2.2.4 Superkapasitor

Superkapasitor yaitu suatu sistem yang menggunakan reaksi elektrokimia, namun mempunyai kapasitas muatan yang tinggi dalam menyimpan energi listrik. Beberapa keuntungan superkapasitor, yaitu densitas tinggi, efisiensi tinggi, pengisian muatannya cepat, tahan lama, beroperasi pada rentang temperatur yang lebar, dan ramah lingkungan (Zhang dkk, 2009). Meskipun teknologinya mirip dengan baterai, superkapasitor memiliki *power density* lebih tinggi karena tidak ada reaksi kimia selama pengisian dan pengosongan. Penampang dari superkapasitor dapat dilihat pada Gambar 2.3 yang terdiri dari dua elektroda, separator, dan elektrolit.



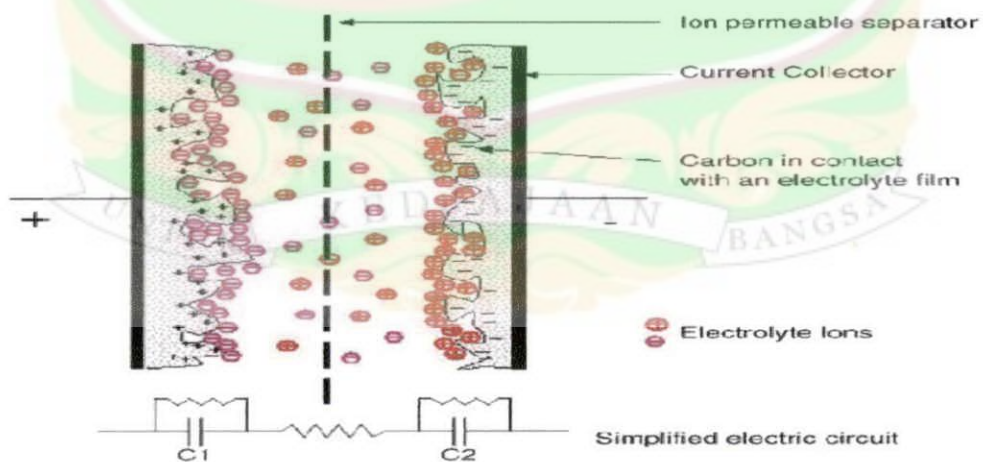
Gambar 2.3 Penampang Superkapasitor  
(Sumber : Schneuwly dkk, 2000)

Pada kapasitor *double layer*, energi disimpan melalui transfer muatan pada batas antara elektroda dan elektrolit. Jumlah energi yang disimpan



bergantung pada permukaan elektroda. Dua elektroda terbuat dari karbon teraktivasi yang memiliki *high surface area*. Elektroda tersebut dipisahkan oleh separator yang mana mobilitas muatan ion dapat berlangsung dan mencegah kontak elektronik.

Superkapasitor sering juga disebut sebagai *electric double-layer capacitors*, *Electrochemical Double Layer Capacitors* (EDLCs), atau bahkan bisa disebut juga ultrakapasitor. Dibandingkan dengan kapasitor umumnya, superkapasitor ini mempunyai kapasitas ribuan kali lipat dan energi jenis yang luar biasa tingginya dari pada kapasitor biasa. Superkapasitor terdiri dari karbon kapasitor dengan permukaan area yang sangat aktif dan selembur lapisan elektrolit yang tipis yang berfungsi sebagai dielektrik dan pemisah muatan. Prinsip *Electrochemical Double Layer Capacitors* (EDLCs) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Prinsip *Electrochemical Double Layer Capacitors* (EDLCs)  
(Sumber : Pandolfo dkk, 2006)

## 2.2.5 Membran Elektrolit

Membran elektrolit adalah membran yang terbuat dari bahan polimer dan larutan elektrolit.

### a. Polimer

Polimer merupakan molekul besar yang terbentuk dari unit-unit berulang sederhana. Nama ini diturunkan dari bahasa Yunani, *poly* berarti banyak, dan *mer* berarti bagian.

Reaksi penggabungan monomer menjadi polimer disebut polimerisasi. Jumlah unit ulang pada setiap rantai polimer disebut derajat polimerisasi.

Berdasarkan strukturnya dikenal tiga jenis polimer, yaitu :

#### 1. Polimer Linier

Pada polimer jenis linier ini, unit ulangnya terikat satu sama lain pada ujung-ujung sehingga terbentuk rantai linier.

#### 2. Polimer Bercabang

Polimer bercabang mempunyai beberapa unit ulang yang membentuk cabang pada rantai utama.

#### 3. Polimer Berikatan Silang

Pada jenis polimer ini, rantai polimer terikat satu sama lain pada beberapa tempat dari rantai utamanya.

Polimer dapat membentuk dua fasa, yaitu fasa kristalin dan fasa amorf. Polimer kristalin mempunyai rantai yang tersusun secara teratur seperti dalam kristal, sedangkan polimer amorf mempunyai susunan rantai yang tidak teratur. Pada umumnya rantai linier membentuk fasa kristalin dan rantai

Kualitas PVA yang baik secara komersial ditentukan oleh derajat hidrolisis yang tinggi, yaitu di atas 98.5 %. Derajat hidrolisis dan kandungan asetat dalam polimer sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat kimianya, seperti kelarutan dan kristalinitas PVA. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutannya akan semakin rendah atau dengan kata lain besarnya penyerapan PVA bergantung pada peningkatan derajat hidrolisis PVA (Labidi dan Djebaili, 2008).

PVA merupakan polimer yang banyak digunakan karena memiliki sifat lentur, selain itu PVA juga mudah diuraikan secara alami (biodegradable) pada kondisi yang sesuai. PVA komersil biasanya merupakan campuran dari beberapa tipe stereoregular yang berbeda (isotaktik, ataktik, dan sindiotaktik). PVA dengan derajat hidrolisis 98.5 % atau lebih mudah dilarutkan dalam air pada suhu 70°C (Gultom, 2007).

## **b. Larutan Elektrolit**

Larutan adalah campuran homogen dua zat atau lebih yang saling melarutkan dan masing-masing zat penyusunnya tidak dapat dibedakan lagi secara fisik. Larutan berdasarkan sifat daya hantar listriknya terbagi dua, yaitu :

### **1. Larutan elektrolit**

Larutan elektrolit adalah larutan yang dapat menghantarkan arus listrik.

## 2. Larutan non elektrolit

Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik.

Larutan elektrolit mengandung partikel-partikel yang bermuatan (kation dan anion). Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Michael Faraday, diketahui bahwa jika arus listrik dialirkan ke dalam larutan elektrolit akan terjadi proses *elektrolisis* yang menghasilkan gas. Gelembung gas ini terbentuk karena ion positif mengalami reaksi reduksi dan ion negatif mengalami oksidasi.

Larutan elektrolit terdiri dari larutan elektrolit kuat dan larutan elektrolit lemah. Pada penelitian ini larutan yang digunakan adalah larutan elektrolit kuat, di mana seluruh molekulnya terurai menjadi ion-ion (terionisasi sempurna). Karena banyak ion yang dapat menghantarkan arus listrik, maka daya hantarnya kuat. Contoh larutan elektrolit kuat, yaitu :

1. Asam, contohnya asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ), asam klorida ( $\text{HCl}$ ), dan lain-lain.
2. Garam, hampir semua senyawa kecuali garam merkuri.
3. Basa, contohnya natrium hidroksida ( $\text{NaOH}$ ), kalium hidroksida ( $\text{KOH}$ ), dan barium hidroksida ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ).

### 2.2.6 LCR meter

LCR meter adalah bagian dari alat uji elektronik yang digunakan untuk mengukur induktansi, kapasitansi, dan resistansi dari suatu komponen.



Penggunaan LCR meter dapat mengidentifikasi pengukuran resistansi objek untuk arus listrik stabil. Induktansi adalah salah satu sifat yang diuji dengan menggunakan LCR meter. LCR meter juga mengukur kemampuan suatu objek dalam menyimpan muatan listrik. Hal ini dikenal sebagai kapasitansi.

Komponen yang sedang diperkenalkan untuk LCR meter dikenal sebagai pengujian perangkat atau DUT (*Device Under Test*). Pengujian DUT dilakukan di berbagai industri untuk memastikan bahwa produk listrik yang dihasilkan berfungsi dengan baik. Sebagai contoh, jika suatu sistem ada yang lepas dari jalur perakitan, LCR meter dapat digunakan untuk melakukan pemeriksaan terakhir dari sistem untuk memastikan kelayakan suatu produk.

LCR meter tersedia dalam berbagai macam bentuk, baik analog dan digital. Pengujian menggunakan analog biayanya lebih efektif dan dapat digunakan komponen dasar jika diperlukan. Pengujian digital memberikan hasil yang lebih akurat dan tersedia dalam ukuran yang lebih kecil dan berat.



## BAB III

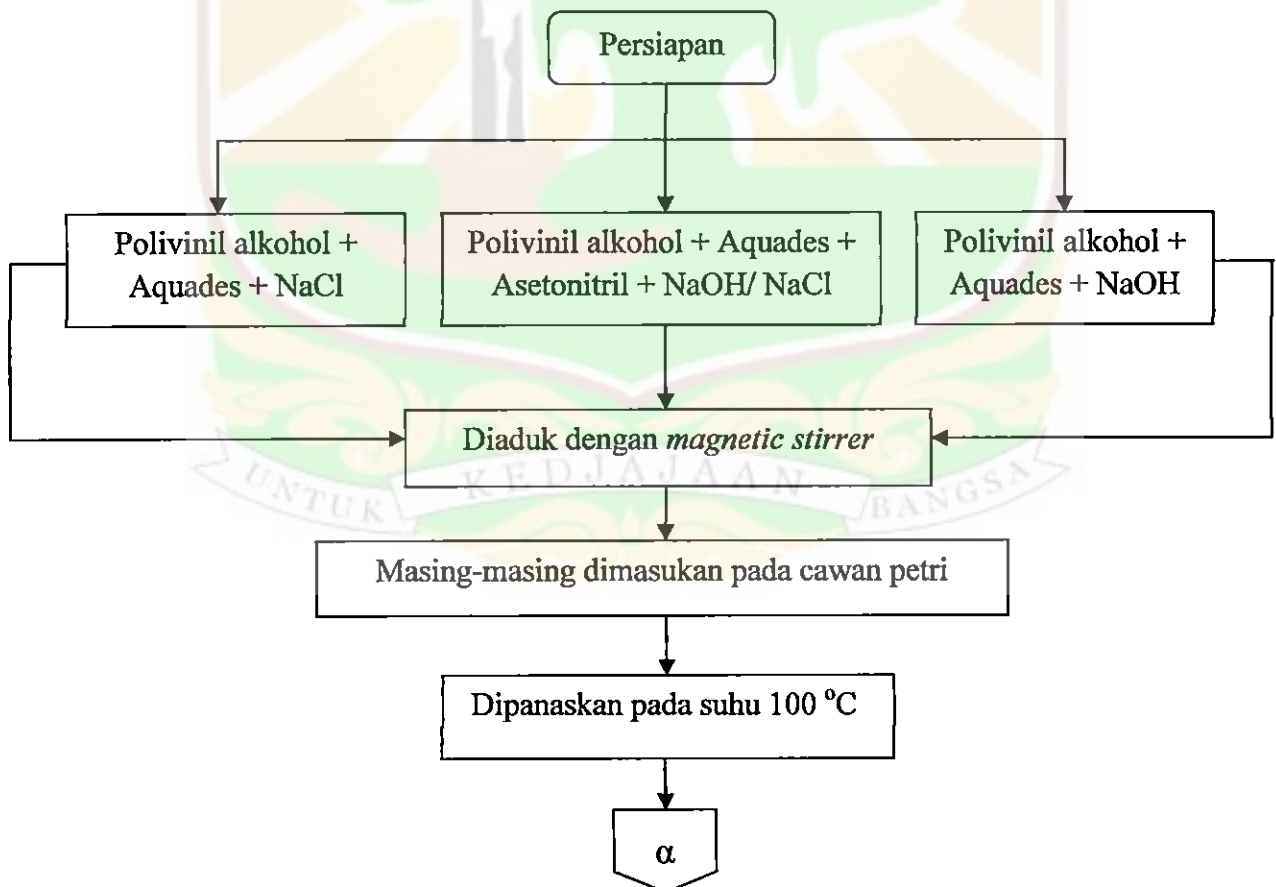
### METODE PENELITIAN

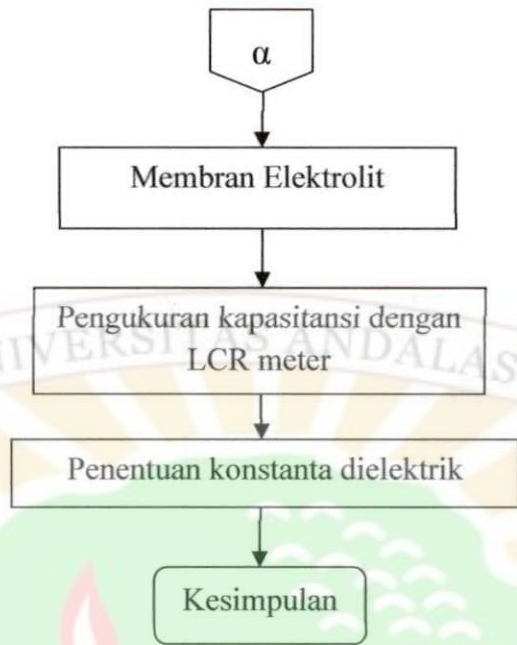
#### 3.1 Waktu dan Tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari 2011 – Juli 2011 dengan waktu efektif kurang lebih 7 bulan di Laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas.

#### 3.2 Prosedur Penelitian

Secara umum alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 :





Gambar 3.1 Alur tahapan penelitian

### 3.2.1 Alat dan Bahan Penelitian

#### a. Alat

##### 1. Cawan petri

- Berfungsi sebagai wadah untuk mencetak membran. Cawan petri merupakan wadah yang berbentuk bundar dan terbuat dari plastik atau kaca. Cawan petri dapat dilihat seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Cawan petri

## 2. Oven UNB 400

Berfungsi sebagai pemanas. Oven merupakan sebuah peralatan yang menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan bahan atau sampel. Oven dapat dilihat seperti pada

Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Oven UNB 400

## 3. Gelas *beaker*

Berfungsi sebagai wadah untuk mencampur, mengaduk, dan memanaskan cairan. Gelas *beaker* secara umum berbentuk silinder dan terbuat dari kaca borosilikat atau juga dari plastik.

Gelas *beaker* dapat dilihat seperti pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Gelas *beaker*



Gambar 3.6 Sinyal Generator model GFG-8015G

#### 6. Probe

Probe merupakan instrumen penghubung antara sinyal generator dengan plat konduktor. Probe dapat dilihat seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Probe

#### 7. Dua buah plat tembaga dengan ukuran 0.9 cm x 0.9 cm

Berfungsi sebagai plat tempat diletakannya membran atau bahan dielektrik. Dua buah plat tembaga dapat dilihat seperti pada Gambar 3.8.





Gambar 3.8 Plat tembaga

#### 8. Neraca Digital

Berfungsi sebagai alat pengukur massa. Neraca digital dapat dilihat seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Neraca digital model PGW 2502i

#### 9. Mikrometer Sekrup

Berfungsi untuk mengukur ketebalan membran. Mikrometer sekrup dapat dilihat seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Mikrometer sekrup



#### 10. LCR meter - 9073

Berfungsi untuk mengukur kapasitansi membran. LCR meter terdiri atas fitur pengukuran kapasitansi, induktansi dan resistansi. LCR meter dapat dilihat seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 LCR meter – 9073

#### b. Bahan

1. *Polyvinyl Alcohol* (PVA) 20 gr.

*Polyvinyl Alcohol* dapat dilihat pada Gambar 3.12.

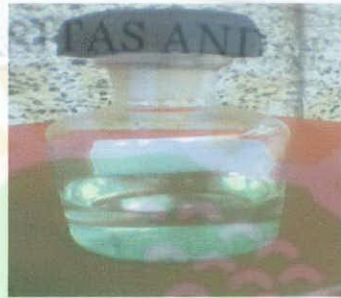


Gambar 3.12 Polivinil alkohol

2. Larutan elektrolit :

a. Asetonitril 2 ml.

Asetonitril dapat dilihat seperti pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Asetonitril

b. NaOH 10 gr.

Natrium Hidroksida (NaOH) dapat dilihat seperti pada

Gambar 3.14.

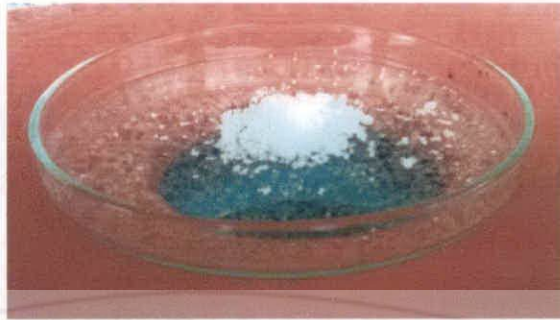


Gambar 3.14 Natrium Hidroksida

c. NaCl 10 gr

Natrium Klorida (NaCl) dapat dilihat seperti pada

Gambar 3.15.



Gambar 3.15 Natrium Klorida

3. Aquades 1000 ml.

### 3.2.2 Tata Laksana Penelitian

#### 1. Pembuatan Membran Elektrolit

Penelitian ini dilakukan menggunakan bahan polimer (PVA) dan larutan elektrolit. Setelah semua alat dan bahan disediakan, pertama-tama yang dilakukan yaitu melarutkan PVA sebanyak 1.5 gr dengan 30 ml aquades pada suhu kira-kira  $100^{\circ}\text{C}$  di atas *hot plate magnetic stirrer*. Pengadukan dilakukan selama kurang lebih setengah jam dalam gelas *beaker*. Setelah larutan benar-benar larut kemudian dimasukkan larutan elektrolit dengan komposisi seperti pada Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Perbandingan PVA dan NaCl

Nama Sampel	PVA (gr)	NaCl (gr)
A	1.5	0.28
B	1.5	0.38
C	1.5	0.40
D	1.5	0.50
E	1.5	0.60

Tabel 3.2 Perbandingan PVA dan NaOH

Nama Sampel	PVA (gr)	NaOH (gr)
F	1.5	0.09
G	1.5	0.14
H	1.5	0.18
I	1.5	0.28
J	1.5	0.40

Pada masing-masing pencampuran tersebut dilakukan pengadukan sampai larutan tercampur dengan rata. Setelah waktu yang digunakan cukup untuk mendapatkan hasil yang optimum kurang lebih selama dua jam kemudian campuran tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri. Campuran tersebut dikeringkan di dalam oven kurang lebih selama dua jam pada suhu 100°C. Hasil akan dicapai dengan terbentuknya membran di mana membran tersebut dibuat berbentuk persegi dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Membran tersebut dikarakterisasi dengan LCR meter.



## 2. Pengukuran Kapasitansi dengan LCR meter

Pengujian kapasitansi dilakukan pada 10 buah sampel dengan jenis dan jumlah larutan elektrolit yang berbeda-beda. Sampel digandengkan atau dipasangkan dengan plat tembaga. Tujuannya agar terbentuk kutub antara plat tersebut pada saat pemberian tegangan. Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah metode plat rangkap yang terdiri dari dua buah jenis bahan yaitu sampel dan plat tembaga. Pada pengujian ini, diukur nilai kapasitansi dengan menggunakan LCR meter, yang kemudian dimasukan beberapa variasi frekuensi dimulai dari 0.1, 1, dan 10 KHz. Kemudian dibaca nilai kapasitansi dengan menggunakan LCR meter. Skema rangkaian dapat dilihat pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Skema Rangkaian

Keterangan skema rangkaian :

A. Rangkaian pengukuran kapasitor

1. Dua plat tetap dari bahan tembaga, dengan luas  $0.81 \text{ cm}^2$ .



2. Sampel membran disisipkan diantara kedua plat tembaga.
3. LCR meter dalam rentang kapasitansi adalah  $20 \mu\text{F}$  dan  $200 \mu\text{F}$ .
4. Signal generator dengan variasi frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz.

B. Langkah-langkah pengukuran kapasitansi membran adalah sebagai berikut :

1. Peralatan disusun seperti Gambar 3.16.
2. Sampel membran disisipkan diantara kedua plat.
3. Kapasitansi diukur dan dibaca langsung pada LCR meter pada frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz.
4. Diulangi langkah nomor 1 s/d 3 untuk sampel yang lain.
5. Semua data hasil pengukuran dicatat.

### **3. Penentuan Nilai Konstanta Dielektrik**

Nilai konstanta dielektrik dapat dihitung dengan mengetahui nilai kapasitansi dan dimensi dari membran, yaitu luas permukaan dan ketebalan membran. Pengukuran ketebalan masing-masing membran dilakukan menggunakan mikrometer sekrup. Sampel dipasangkan diantara rahang tetap dan rahang geser pada mikrometer sekrup. Berdasarkan nilai yang tertera pada mikrometer sekrup didapatkan hasil pengukuran ketebalan sampel. Skema pengukuran sampel menggunakan mikrometer sekrup ditunjukkan pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Skema Pengukuran Ketebalan

Hasil pengukuran kapasitansi dan ketebalan sampel akan dipergunakan untuk menghitung konstanta dielektrik membran. Perhitungan dilakukan dengan memasukan hasil pengukuran yang didapatkan ke dalam persamaan 2.1, dengan demikian akan didapatkan konstanta dielektrik membran tersebut.

## BAB IV











### HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dapat dijelaskan mengenai pengaruh larutan elektrolit dalam membran elektrolit sebagai bahan dielektrik pada superkapasitor. Pengukuran kapasitansi dan konstanta dielektrik membran elektrolit dilakukan dengan memvariasikan frekuensi.

#### 4.1 Karakteristik Fisik Sampel

Pada penelitian ini, sampel divariasikan menjadi 2 kelompok berdasarkan campuran larutan elektrolit yang digunakan, yaitu NaCl dan NaOH. Masing-masing sampel dikombinasikan dengan variasi volume larutan elektrolit yang berbeda-beda. Membran elektrolit yang didapatkan diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Sampel hasil penelitian dengan variasi larutan elektrolit

Larutan Elektrolit	Nama Sampel				
NaCl	 <p data-bbox="358 744 384 777">A</p>	 <p data-bbox="554 744 580 777">B</p>	 <p data-bbox="762 744 789 777">C</p>	 <p data-bbox="971 744 997 777">D</p>	 <p data-bbox="1179 744 1205 777">E</p>
NaOH	 <p data-bbox="358 1081 384 1113">F</p>	 <p data-bbox="554 1081 580 1113">G</p>	 <p data-bbox="762 1081 789 1113">H</p>	 <p data-bbox="971 1081 997 1113">I</p>	 <p data-bbox="1179 1081 1205 1113">J</p>

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat perbedaan fisik dari membran yang didapatkan. Perbedaan fisik ini dikarenakan komposisi yang berbeda pada masing-masing penyusun membran. Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penambahan larutan elektrolit yang semakin besar mengakibatkan struktur permukaan yang tidak rata dan berkerut. Hal ini disebabkan karena penumpukan garam-garam elektrolit yang digunakan dan tidak berikatan secara merata dengan PVA.



## 4.2 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran

Kapasitansi membran elektrolit diukur dengan alat LCR meter dengan parameter frekuensi pengukuran 0.1 KHz, 1 KHz, dan 10 KHz. Dari alat ukur ini diperoleh nilai kapasitansi membran terhadap perubahan parameter frekuensi. Membran elektrolit yang diukur terdiri atas membran elektrolit PVA dengan NaCl dan PVA dengan NaOH.

### 4.2.1 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran dengan Larutan Elektrolit NaCl

#### a. Pengukuran Kapasitansi Membran dengan LCR meter

##### Pengaruh Massa Garam Elektrolit Terhadap Kapasitansi

Kapasitansi membran elektrolit dengan menggunakan massa larutan elektrolit NaCl yang berbeda-beda pada frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 4.2, 4.3, dan 4.4.

Tabel 4.2 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 0.1 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	A	0.28	$2.33 \times 10^{-6}$
2	B	0.38	$2.68 \times 10^{-6}$
3	C	0.40	$1.97 \times 10^{-6}$
4	D	0.50	$2.51 \times 10^{-6}$
5	E	0.60	$2.07 \times 10^{-6}$



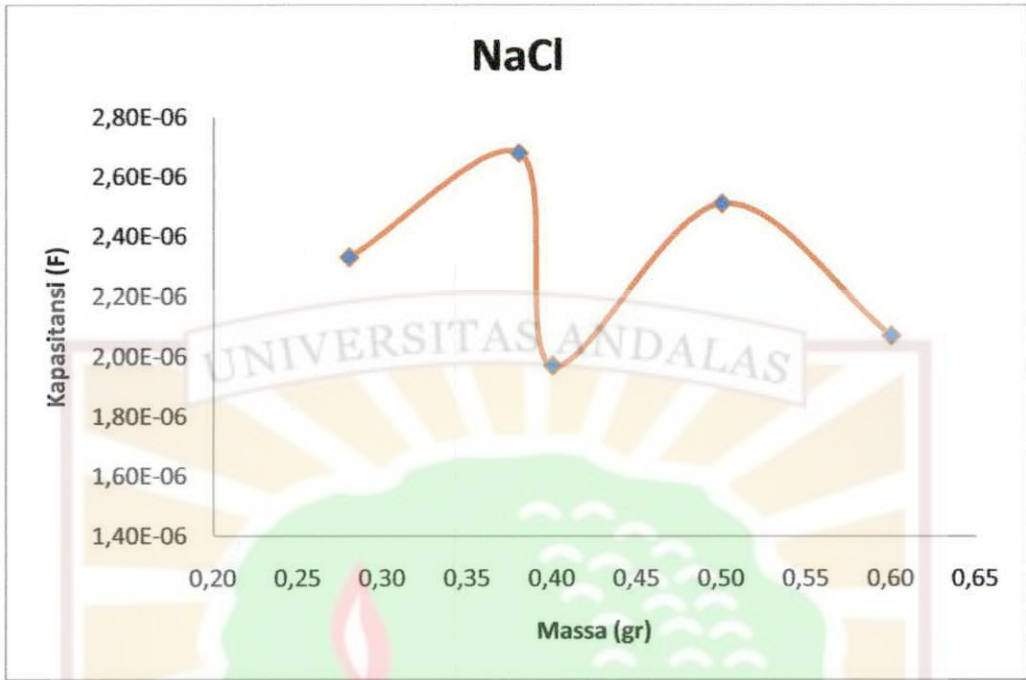
Tabel 4.3 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 1 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	A	0.28	$5.72 \times 10^{-7}$
2	B	0.38	$5.40 \times 10^{-7}$
3	C	0.40	$6.02 \times 10^{-7}$
4	D	0.50	$7.02 \times 10^{-7}$
5	E	0.60	$6.26 \times 10^{-7}$

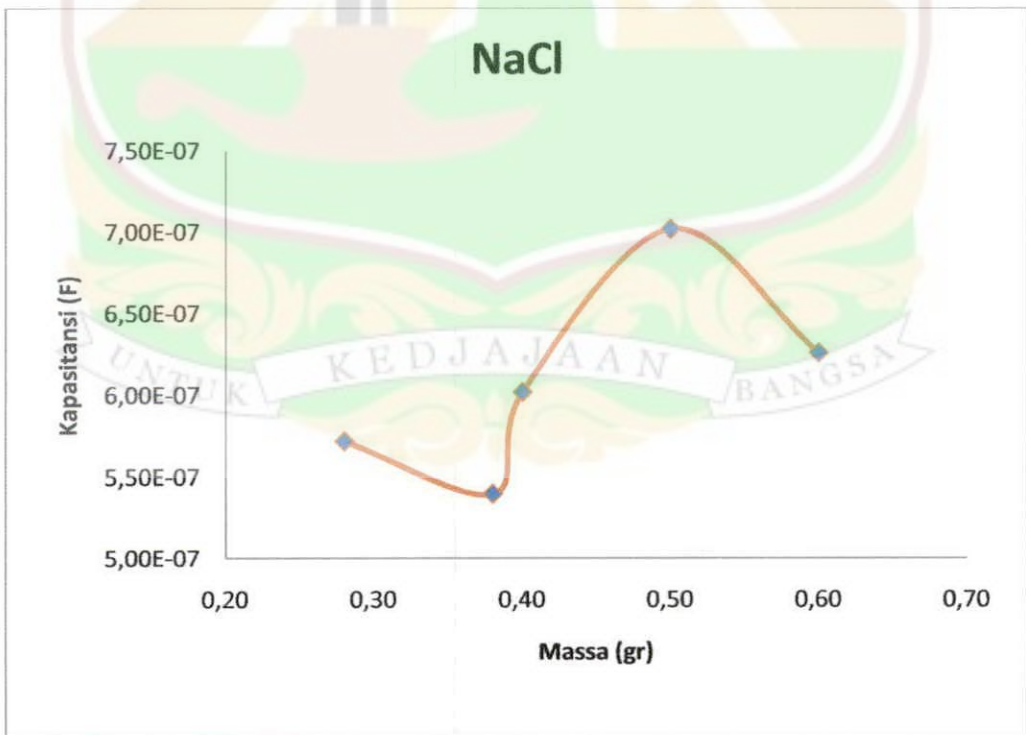
Tabel 4.4 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 10 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	A	0.28	$3.98 \times 10^{-7}$
2	B	0.38	$4.88 \times 10^{-7}$
3	C	0.40	$5.14 \times 10^{-7}$
4	D	0.50	$5.14 \times 10^{-7}$
5	E	0.60	$5.84 \times 10^{-7}$

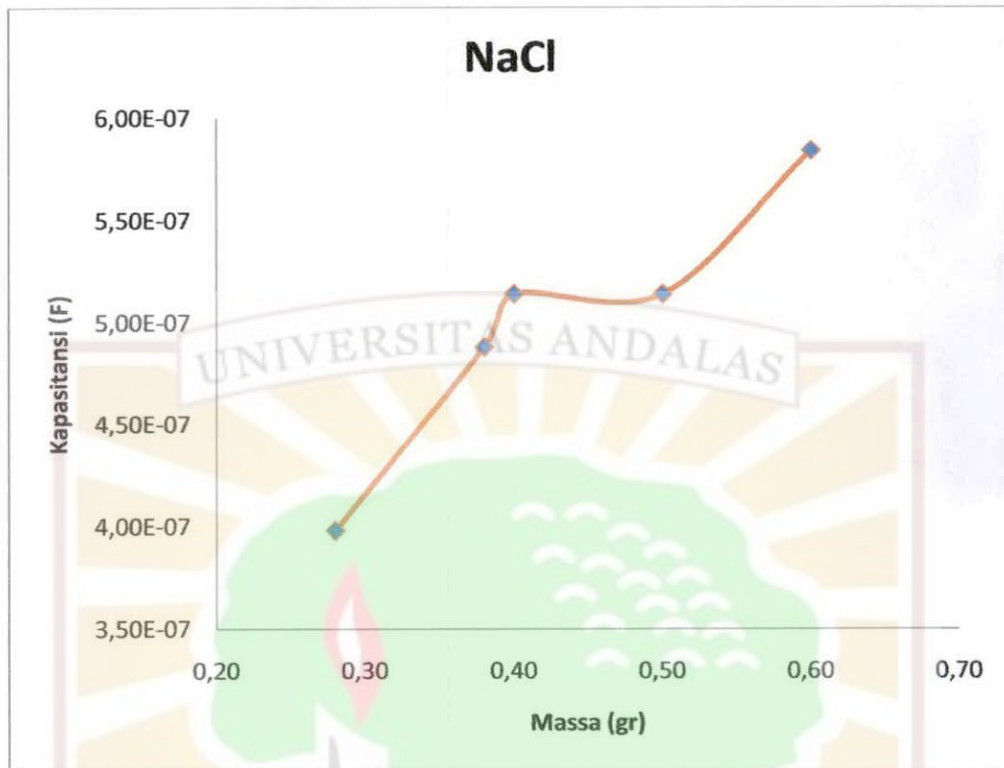
Hubungan antara massa garam elektrolit NaCl dengan kapasitansi pada frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3.



Gambar 4.1 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 0.1 KHz



Gambar 4.2 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 1 KHz



Gambar 4.3 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaCl pada frekuensi 10 KHz

Pada Gambar 4.3 diketahui bahwa pada frekuensi 10 KHz kapasitansi membran cenderung meningkat dengan meningkatnya massa garam elektrolit NaCl. Hal yang sama secara umum terjadi pada frekuensi 0.1 dan 1 KHz. Peningkatan nilai kapasitansi ini disebabkan oleh ion-ion dari larutan elektrolit. Larutan elektrolit mengandung partikel-partikel yang bermuatan (kation dan anion). NaCl adalah larutan elektrolit kuat, di mana seluruh molekulnya terurai menjadi ion-ion (terionisasi sempurna).

Dalam bahan dielektrik semua elektron-elektron terikat dengan kuat pada intinya. Ketika bahan tersebut belum dikenai medan listrik, maka susunan molekul dielektrik tersebut masih belum beraturan (tidak tersusun rapi). Ketika molekul-molekul tersebut dikenai medan listrik, maka muatan

inti positif mengalami gaya yang searah dengan medan listrik dan elektron-elektron dalam molekul tersebut akan mengalami gaya listrik yang arahnya berlawanan dengan arah medan listrik tadi. Gaya listrik akan mengubah posisi elektron dan proton dari posisi semula, akibatnya molekul-molekul dielektrik akan terpolarisasi dan berubah arahnya sejajar dengan arah medan listrik.

Peningkatan massa garam larutan pada tingkatan tertentu akan menyebabkan banyaknya ion-ion yang terpolarisasi sehingga kapasitansi membran menjadi meningkat karena semakin banyaknya muatan yang bisa tersimpan.

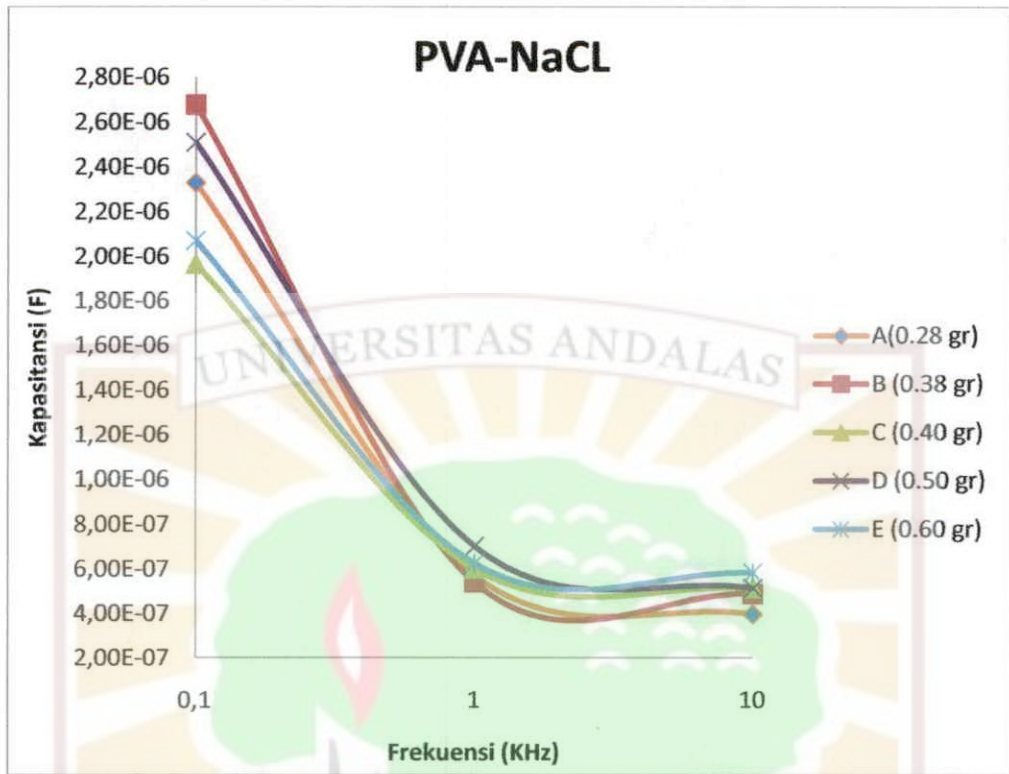
Perubahan parameter frekuensi terhadap kapasitansi membran elektrolit PVA dengan NaCl diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Nilai kapasitansi membran elektrolit NaCl dengan variasi frekuensi

No	Frekuensi (KHz)	Kapasitansi (F)				
		A (0.28 gr)	B (0.38 gr)	C (0.40 gr)	D (0.50 gr)	E (0.60 gr)
1	0.1	$2.33 \times 10^{-6}$	$2.68 \times 10^{-6}$	$1.97 \times 10^{-6}$	$2.51 \times 10^{-6}$	$2.07 \times 10^{-6}$
2	1	$5.72 \times 10^{-7}$	$5.40 \times 10^{-7}$	$6.02 \times 10^{-7}$	$7.02 \times 10^{-7}$	$6.26 \times 10^{-7}$
3	10	$3.98 \times 10^{-7}$	$4.88 \times 10^{-7}$	$5.14 \times 10^{-7}$	$5.14 \times 10^{-7}$	$5.84 \times 10^{-7}$

Hubungan antara perubahan parameter frekuensi dengan kapasitansi membran elektrolit NaCl dapat dilihat pada Gambar 4.4.





Gambar 4.4 Grafik hubungan frekuensi dengan kapasitansi membran PVA NaCl

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan adanya pengaruh frekuensi terhadap nilai kapasitansi membran. Secara umum nilai kapasitansi yang didapatkan menurun seiring meningkatnya frekuensi. Pada setiap membran dengan larutan elektrolit NaCl didapatkan hasil yang cukup optimum di mana tidak terjadinya anomali kapasitansi untuk variasi frekuensi.

Pada grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.4 didapatkan adanya penurunan kapasitansi yang cukup tinggi pada setiap sampel. Penurunan kapasitansi ini terjadi pada frekuensi 1 KHz dan 10 KHz. Hal ini dipengaruhi oleh membran tersebut, seperti kadar air yang masih terkandung pada membran. Kadar air ini ditimbulkan dari larutan elektrolit yang digunakan, di mana larutan elektrolit yang digunakan termasuk larutan yang hidroskopis

yaitu larutan yang berubah karena pengaruh udara. Pengaruh dari udara ini membuat membran sangat rentan sekali menjadi basah atau lembab. Kelembaban membran tersebut mengakibatkan pada frekuensi tinggi terjadi penurunan kapasitansi yang besar.

#### **b. Pengukuran Ketebalan Membran dengan Mikrometer Sekrup**

Ketebalan membran ( $d$ ) yang didapatkan dari pengukuran menggunakan mikrometer sekrup untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Data ketebalan membran PVA-NaCl

No	Sampel	Ketebalan (mm)
1	A	0.16
2	B	0.20
3	C	0.23
4	D	0.16
5	E	0.22

#### **c. Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik**

Berdasarkan Tabel 4.6, maka dapat dihitung nilai konstanta dielektrik untuk setiap variasi larutan elektrolit tersebut, dengan menggunakan persamaan (2.1), dengan  $A = 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ .

$$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

dengan

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r$$

dan

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d} \quad (2.1)$$

Sehingga

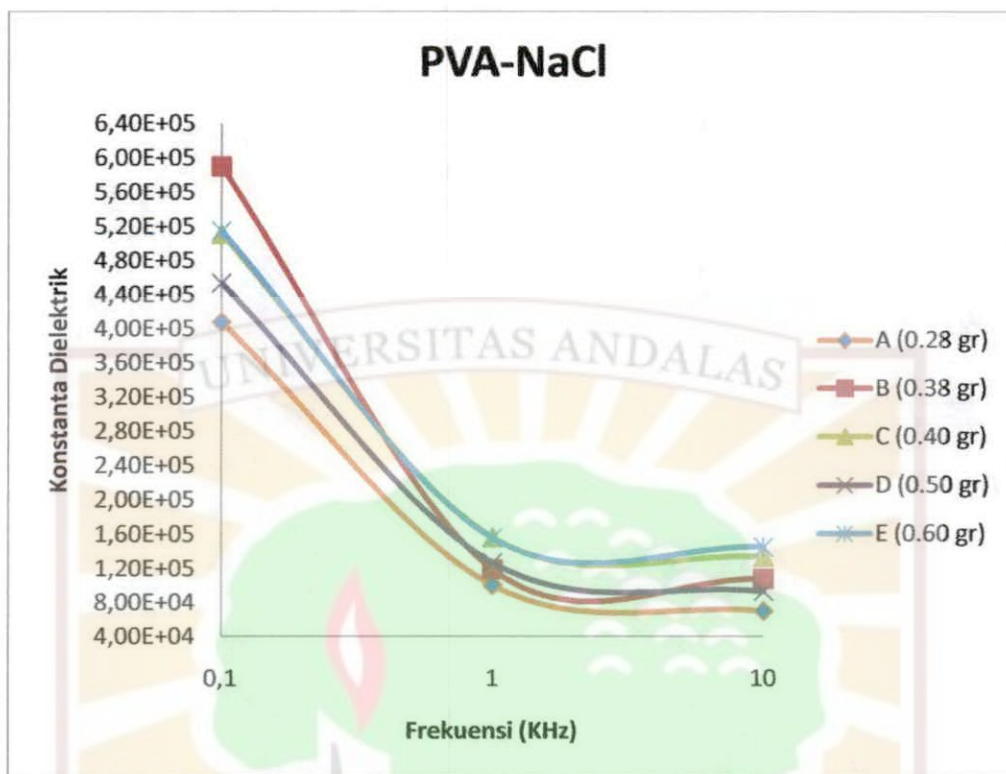
$$\epsilon_r = \frac{C \times d}{A \times \epsilon_0}$$

dengan memasukan nilai  $\epsilon_r = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F. m}^{-1}$  diperoleh nilai konstanta dielektrik untuk setiap sampel. Nilai konstanta dielektrik ( $\epsilon_r$ ) yang didapatkan untuk setiap sampel membran elektrolit dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Nilai konstanta dielektrik membran elektrolit NaCl dengan variasi frekuensi

No	Frekuensi (KHz)	Konstanta Dielektrik				
		A (0.28 gr)	B (0.38 gr)	C (0.40 gr)	D (0.50 gr)	E (0.60 gr)
1	0.1	$4.08 \times 10^5$	$5.90 \times 10^5$	$5.11 \times 10^5$	$4.53 \times 10^5$	$5.15 \times 10^5$
2	1	$1.00 \times 10^5$	$1.19 \times 10^5$	$1.56 \times 10^5$	$1.27 \times 10^5$	$1.56 \times 10^5$
3	10	$6.97 \times 10^4$	$1.08 \times 10^5$	$1.34 \times 10^5$	$9.29 \times 10^4$	$1.45 \times 10^5$

Hubungan antara perubahan parameter frekuensi dengan konstanta dielektrik membran elektrolit NaCl dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Grafik hubungan frekuensi dengan konstanta dielektrik membran PVA-NaCl

Pada Gambar 4.5 diketahui bahwa dengan semakin tinggi frekuensi maka nilai konstanta dielektrik membran PVA dengan menggunakan larutan elektrolit NaCl mengalami penurunan.

Pada perhitungan konstanta dielektrik didapatkan nilai kehilangan dielektrik yang terjadi pada membran. Kehilangan dielektrik ini terjadi pada frekuensi 1 dan 10 KHz. Hal ini bisa dikatakan akibat dari penurunan kapasitansi seperti yang telah dibahas sebelumnya, di mana kehilangan dielektrik akibat adanya kandungan air atau kelembaban pada membran. Kelembaban membran menyebabkan kehilangan dielektrik yang cukup besar pada frekuensi tinggi (Silalahi dan Tambunan, 2005).



Nilai konstanta dielektrik dipengaruhi juga dari ketebalan membran. Ketebalan membran pada masing-masing sampel berbeda-beda. Hal ini tergantung pada massa garam elektrolit yang digunakan dan saat penarikan membran dari cawan petri. Membran yang mengandung NaCl mempunyai elastisitas yang kecil dan agak kaku, sehingga pada saat dipisahkan dari cawan petri membran tersebut mengalami tarikan. Hal ini berdampak pada ketebalan membran di mana membran menjadi tipis sehingga mempengaruhi nilai konstanta dielektrik membran tersebut.

#### 4.2.2 Karakteristik Sifat Dielektrik Membran dengan Larutan Elektrolit NaOH

##### a. Pengukuran Kapasitansi dengan LCR meter

Kapasitansi membran elektrolit dengan menggunakan massa garam elektrolit NaOH yang berbeda-beda pada frekuensi 0.1, 1 dan 10 KHz berturut-turut ditunjukkan pada Tabel 4.8, 4.9, dan 4.10.

Tabel 4.8 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 0.1 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	F	0.09	$2.34 \times 10^{-6}$
2	G	0.14	$2.15 \times 10^{-6}$
3	H	0.18	$2.32 \times 10^{-6}$
4	I	0.28	$1.94 \times 10^{-6}$
5	J	0.40	$1.94 \times 10^{-6}$

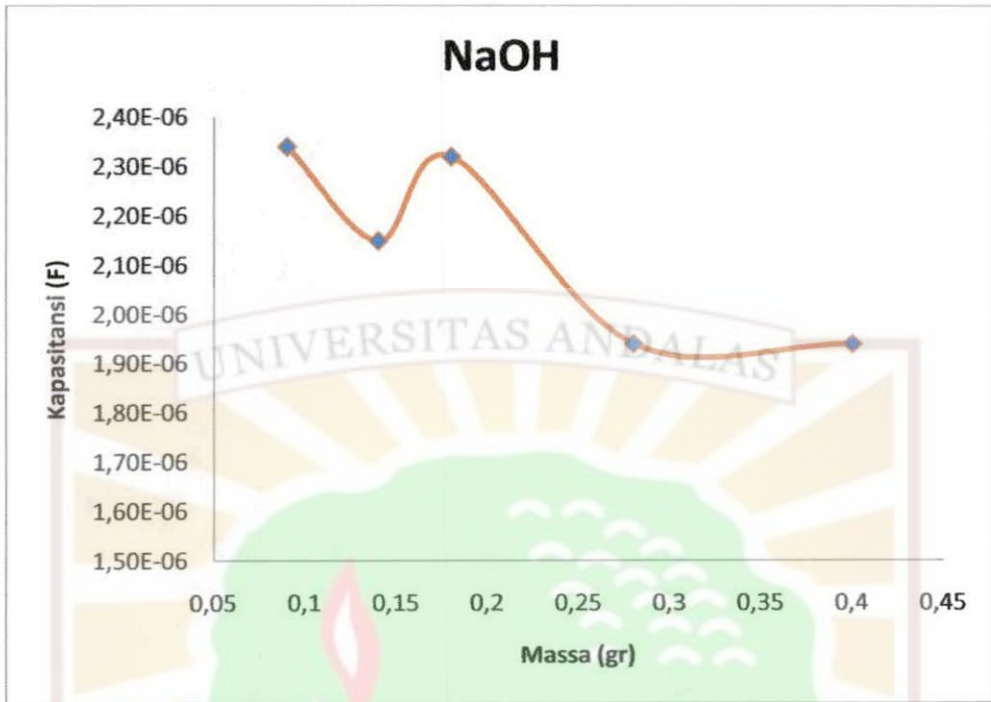
Tabel 4.9 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 1 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	F	0.09	$6.08 \times 10^{-7}$
2	G	0.14	$5.80 \times 10^{-7}$
3	H	0.18	$7.02 \times 10^{-7}$
4	I	0.28	$1.31 \times 10^{-6}$
5	J	0.40	$9.36 \times 10^{-7}$

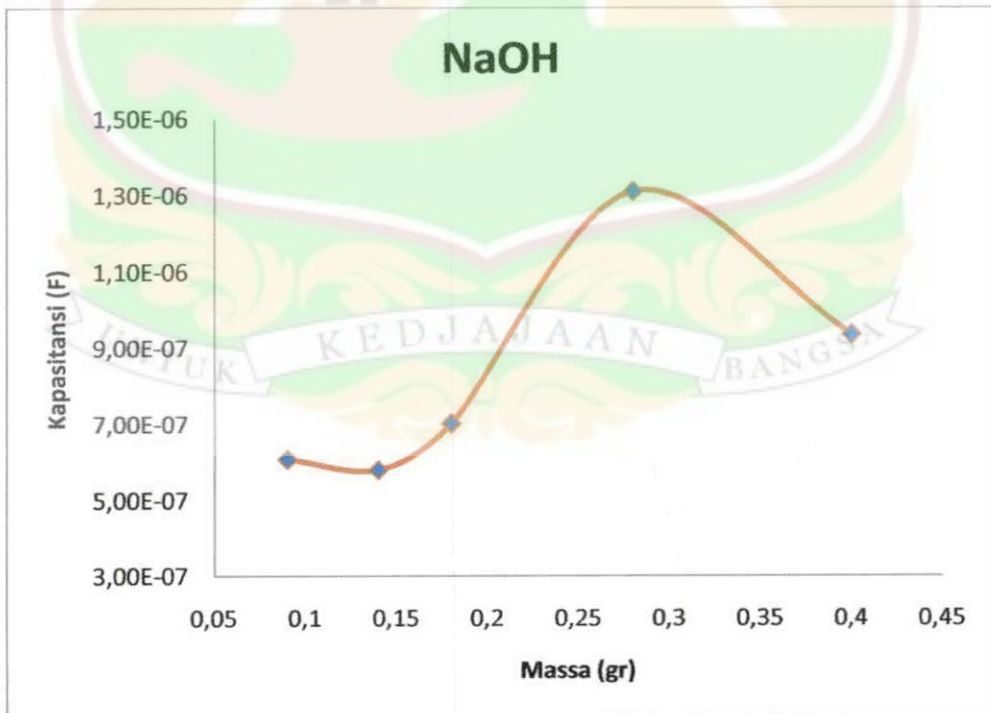
Tabel 4.10 Nilai kapasitansi membran dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 10 KHz

No	Sampel	Massa (gr)	Kapasitansi (F)
1	F	0.09	$6.38 \times 10^{-7}$
2	G	0.14	$7.74 \times 10^{-7}$
3	H	0.18	$4.98 \times 10^{-7}$
4	I	0.28	$1.75 \times 10^{-6}$
5	J	0.40	$7.42 \times 10^{-7}$

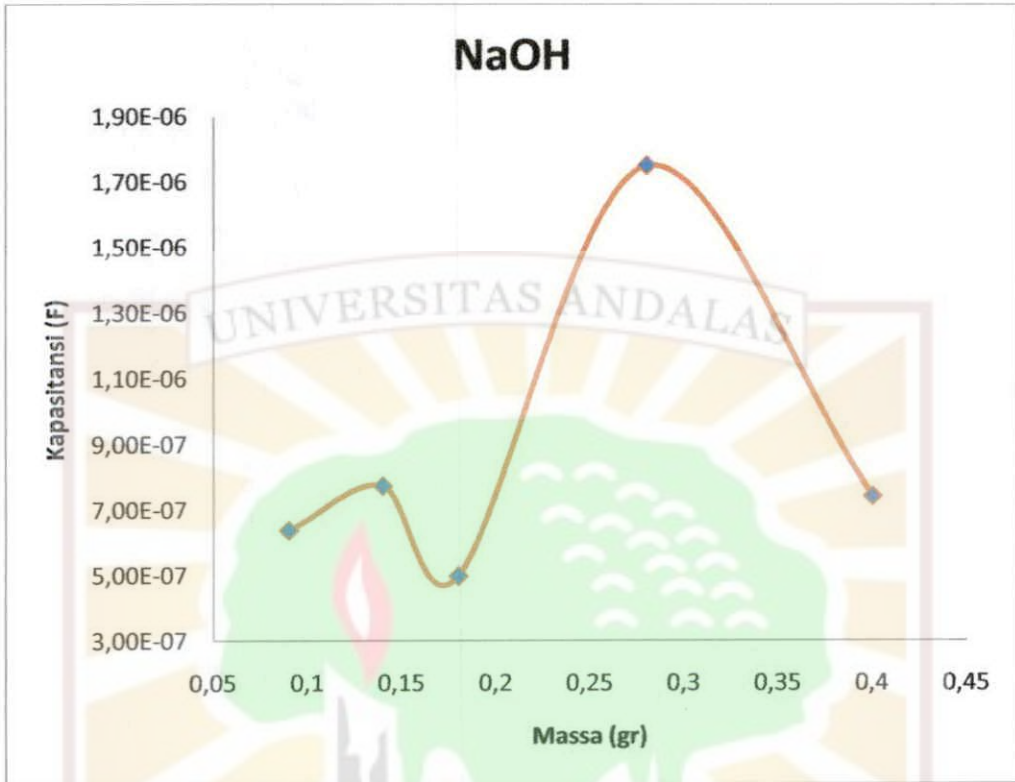
Hubungan antara massa garam elektrolit NaOH dengan kapasitansi pada frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8.



Gambar 4.6 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 0,1 KHz



Gambar 4.7 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa larutan elektrolit NaOH pada frekuensi 1 KHz



Gambar 4.8 Grafik hubungan kapasitansi dengan massa garam elektrolit NaOH pada frekuensi 10 KHz

Pada Gambar 4.6, 4.7, dan 4.8 diketahui bahwa pada frekuensi 0.1, 1, dan 10 KHz berturut-turut kapasitansi membran yang didapatkan tidak teratur. Kapasitansi ada yang naik dan ada yang turun dengan peningkatan massa larutan elektrolit NaOH. Misalnya pada frekuensi 10 KHz untuk sampel membran F dan G yang mengalami peningkatan kapasitansi seiring meningkatnya massa garam larutan dan menurunnya ketebalan membran. Diantara seluruh membran elektrolit NaOH yang dihasilkan terlihat bahwa membran ini merupakan membran yang cukup baik struktur permukaannya, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.1.



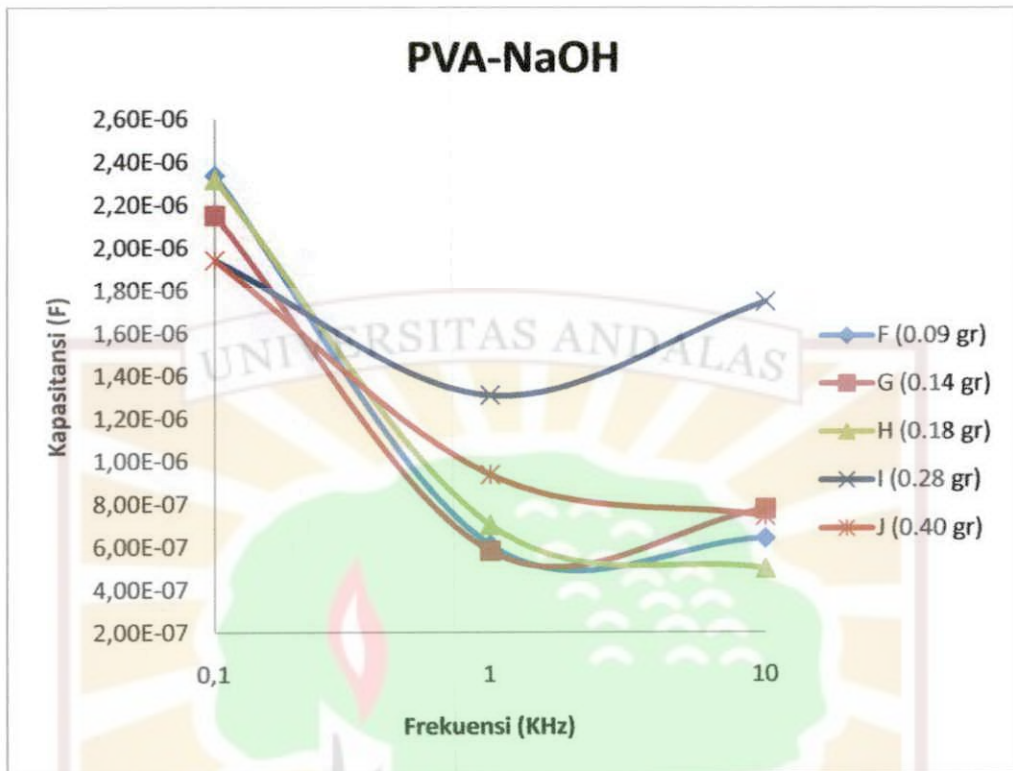
Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 diketahui juga bahwa Sampel I adalah membran yang paling mencolok kapasitansinya. Membran I merupakan membran elektrolit NaOH yang paling tebal. Dilihat dari struktur permukaan membran, membran I memiliki struktur yang sangat berkerut dan tidak rata di mana terjadi penumpukan-penumpukan garam-garam elektrolit dalam membran. Karena penumpukan garam-garam elektrolit dan struktur yang tidak rata menyebabkan ketebalan menjadi tinggi pada membran I. Penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penambahan massa garam elektrolit NaOH mengakibatkan membran yang dihasilkan semakin berkerut dan tentu saja mempengaruhi pengukuran kapasitansi membran.

Perubahan parameter frekuensi terhadap kapasitansi membran elektrolit PVA dengan NaOH diperlihatkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai kapasitansi membran elektrolit NaOH dengan variasi frekuensi

No	Frekuensi (KHz)	Kapasitansi (F)				
		F (0,09 gr)	G (0,14 gr)	H (0,18 gr)	I (0,28 gr)	J (0,40 gr)
1	0,1	$2,34 \times 10^{-6}$	$2,15 \times 10^{-6}$	$2,32 \times 10^{-6}$	$1,94 \times 10^{-6}$	$1,94 \times 10^{-6}$
2	1	$6,08 \times 10^{-7}$	$5,80 \times 10^{-7}$	$7,02 \times 10^{-7}$	$1,31 \times 10^{-6}$	$9,36 \times 10^{-7}$
3	10	$6,38 \times 10^{-7}$	$7,74 \times 10^{-7}$	$4,98 \times 10^{-7}$	$1,75 \times 10^{-6}$	$7,42 \times 10^{-7}$

Grafik hubungan antara perubahan nilai frekuensi terhadap kapasitansi membran elektrolit NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.9 Grafik hubungan frekuensi dengan kapasitansi membran PVA NaOH

Pada Gambar 4.9 secara umum menunjukkan bahwa dengan semakin tinggi frekuensi maka nilai kapasitansi membran PVA dengan menggunakan larutan elektrolit NaOH mengalami peningkatan. Hal ini terjadi pada sebagian sampel. Pada sampel lainnya tampak bahwa peningkatan frekuensi seiring dengan penurunan kapasitansi. Hal ini dikarenakan pengaruh dari bentuk fisik membran elektrolit NaOH itu sendiri. Bentuk fisiknya yang kurang bagus berpengaruh terhadap hasil pengukuran kapasitansinya.

Pada gambar 4.9 juga terlihat adanya penurunan kapasitansi yang cukup tinggi pada setiap sampel. Penurunan kapasitansi ini terjadi pada frekuensi 1 KHz dan 10 KHz. Hal ini sama dengan yang terjadi pada membran dengan larutan NaCl. Pada frekuensi tinggi terjadi penurunan kapasitansi yang

disebabkan oleh pengaruh dari kelembaban membran. Dapat disimpulkan seluruh sampel mengalami hal yang sama.

Berdasarkan data yang diperoleh secara umum dapat dilihat bahwa peningkatan frekuensi mengakibatkan nilai penurunan kapasitansi. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan hubungan disipasi dielektrik (*dielectric loss*) dengan frekuensi. Disipasi dielektrik merupakan bagian dari energi medan listrik yang hilang secara permanen sebagai panas dalam bahan dielektrik. Hubungan antara disipasi dielektrik dengan frekuensi diberikan oleh persamaan (4.1)

$$\tan \delta = \omega C_s R_s$$

dengan

$$C_s = \left( r + \frac{R}{1 + \omega^2 C^2 R^2} \right)$$

dan

$$R_s = \left( \frac{1 + \omega^2 C^2 R^2}{\omega^2 C^2 R^2} \right)$$

sehingga

$$\begin{aligned} \tan \delta &= \omega \left( \frac{1 + \omega^2 C^2 R^2}{\omega^2 C^2 R^2} \right) \left( r + \frac{R}{1 + \omega^2 C^2 R^2} \right) \\ &= \frac{1}{\omega C R} + \frac{r}{\omega C R^2} + r \omega C \end{aligned} \quad (4.1)$$

diferensial pertama dari disipasi dielektrik terhadap  $\omega$  adalah

$$\frac{d(\tan \delta)}{d\omega} = - \left( \frac{1}{\omega^2 CR} \right) - \left( \frac{r}{\omega^2 CR^2} \right) + rC \quad (4.2)$$

dengan

$\tan \delta$  = disipasi dielektrik

$C_s$  = kapasitansi seri efektif

$R_s$  = resistansi seri efektif

$C$  = kapasitansi bahan yang diukur

$R$  = resistansi bahan yang diukur

$r$  = resistansi seri disebabkan dawai atau elektroda alat ukur

$\omega$  = frekuensi sudut =  $2\pi f$

karena  $r \ll R^2$ , maka  $r/(\omega^2 CR^2) \approx 0$ , dan persamaan (4.2) bernilai nol saat  $\omega$  bernilai minimum. Sehingga,

$$\omega^2 = \frac{1}{r C^2 R} \quad (4.3)$$

Dari persamaan (4.3) dapat dilihat hubungan antara frekuensi dan kapasitansi adalah berbanding terbalik, nilai kapasitansi menurun seiring dengan peningkatan nilai frekuensi. Hubungan antara nilai kapasitansi dan frekuensi ini terjadi karena adanya keterlambatan polarisasi terhadap perubahan medan listrik. Peningkatan nilai frekuensi menyebabkan perubahan medan listrik yang semakin cepat dan respon polarisasi menjadi berkurang. Berkurangnya



respon polarisasi inilah yang menyebabkan nilai kapasitansi menurun seiring dengan peningkatan frekuensi.

### **b. Pengukuran Ketebalan dengan Menggunakan Mikrometer Sekrup**

Nilai  $d$  untuk masing-masing sampel diperlihatkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Data ketebalan membran PVA-NaOH

No	Sampel	Ketebalan (mm)
1	F	0.14
2	G	0.08
3	H	0.23
4	I	0.26
5	J	0.17

### **c. Perhitungan Konstanta Dielektrik**

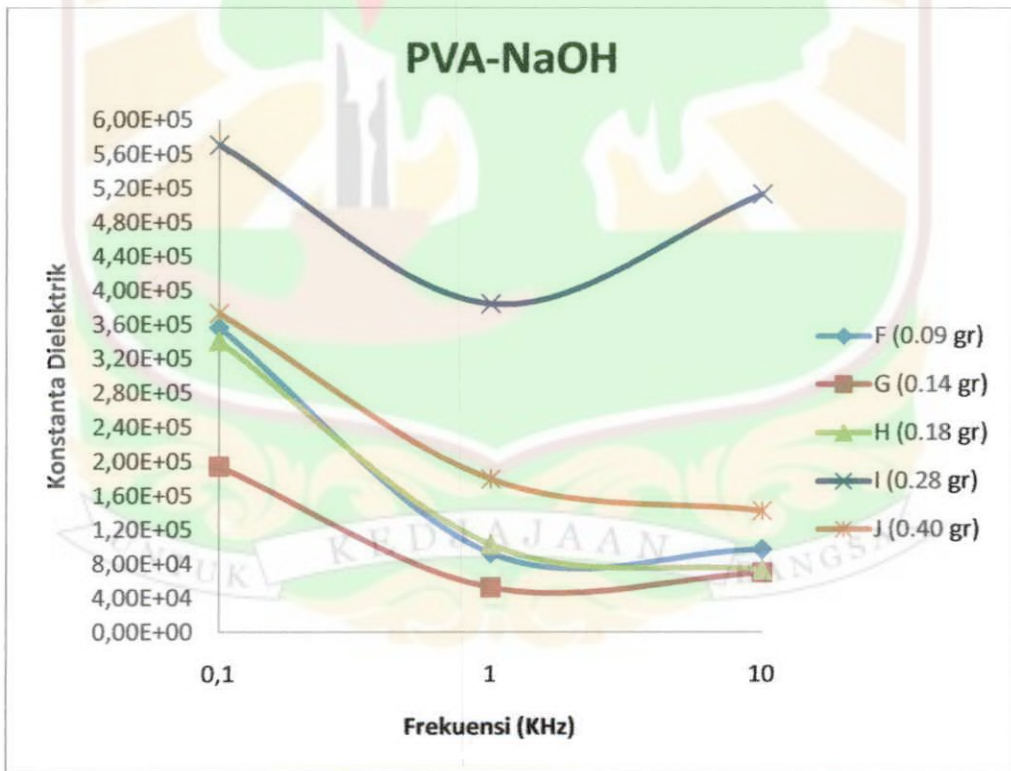
Berdasarkan Tabel 4.12, maka dapat dihitung nilai konstanta dielektrik untuk setiap variasi larutan elektrolit tersebut, dengan menggunakan persamaan (2.1), dengan  $A = 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ .

Cara yang sama dalam menghitung konstanta dielektrik pada membran elektrolit NaCl juga dilakukan untuk menghitung konstanta dielektrik pada membran elektrolit NaOH. Nilai konstanta dielektrik yang didapatkan untuk setiap sampel membran elektrolit NaOH ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Nilai konstanta dielektrik membran elektrolit NaOH dengan variasi frekuensi

No	Frekuensi (KHz)	Konstanta Dielektrik				
		F (0.09 gr)	G (0.14 gr)	H (0.18 gr)	I (0.28 gr)	J (0.40 gr)
1	0,1	$3.56 \times 10^5$	$1.94 \times 10^5$	$3.40 \times 10^5$	$5.71 \times 10^5$	$3.73 \times 10^5$
2	1	$9.27 \times 10^4$	$5.24 \times 10^4$	$1.03 \times 10^5$	$3.84 \times 10^5$	$1.80 \times 10^5$
3	10	$9.73 \times 10^4$	$7.00 \times 10^4$	$7.32 \times 10^4$	$5.14 \times 10^5$	$1.43 \times 10^5$

Grafik hubungan antara perubahan frekuensi terhadap konstanta dielektrik membran elektrolit NaOH ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.10 Grafik hubungan frekuensi dengan konstanta dielektrik membran PVA-NaOH

Pada Gambar 4.10 secara umum didapatkan bahwa dengan semakin tinggi frekuensi maka nilai konstanta dielektrik membran PVA dengan menggunakan larutan elektrolit NaOH mengalami ketidakteraturan. Di mana kapasitansi ada yang naik pada frekuensi tinggi dan ada juga yang mengalami penurunan.

Pada membran dengan menggunakan larutan NaOH didapatkan nilai konstanta dielektrik yang dipengaruhi juga dari ketebalan membran. Ketebalan membran pada masing-masing sampel berbeda-beda. Hal ini tergantung pada massa larutan elektrolit yang digunakan dan bentuk fisik membran. Pada NaOH sendiri, membran yang dihasilkan memiliki permukaan yang tidak rata atau bergelombang yang berdampak pada nilai konstanta dielektrik yang didapatkan.

Pada perhitungan konstanta dielektrik membran menggunakan larutan NaOH juga didapatkan adanya nilai kehilangan dielektrik. Kehilangan dielektrik ini terjadi pada frekuensi 1 dan 10 KHz. Hal ini bisa dikatakan akibat dari penurunan kapasitansi seperti yang telah dibahas sebelumnya, di mana kelembaban membran menyebabkan kehilangan dielektrik yang cukup besar pada frekuensi tinggi.

Secara umum hubungan antara konstanta dielektrik terhadap frekuensi dijelaskan dengan persamaan 4.3. Nilai kapasitansi menurun dengan adanya peningkatan frekuensi. Hal ini berarti konstanta dielektrik juga menjadi menurun dengan peningkatan frekuensi karena kapasitansi sebanding dengan konstanta dielektrik.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kapasitansi membran elektrolit menggunakan PVA dan NaCl didapatkan nilai tertinggi sebesar  $2.68 \times 10^{-6}$  F dengan nilai konstanta dielektrik sebesar  $5.90 \times 10^5$  pada frekuensi 0.1 KHz.
2. Nilai kapasitansi membran elektrolit menggunakan PVA dan NaOH didapatkan nilai tertinggi sebesar  $2.34 \times 10^{-6}$  F dengan nilai konstanta dielektrik sebesar  $3.56 \times 10^5$  pada frekuensi 0.1 KHz.
3. Hasil pengukuran atau karakterisasi membran menggunakan LCR meter menunjukkan nilai kapasitansi membran menurun seiring meningkatnya nilai frekuensi. Hal ini juga sama untuk konstanta dielektrik membran yang mengalami penurunan dengan meningkatnya nilai frekuensi.

#### 5.2 Saran

Ada beberapa saran yang perlu diperhatikan dalam penelitian ini, yaitu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan larutan elektrolit yang tidak bersifat hidroskopis, sehingga tidak mempengaruhi nilai kapasitansi membran. Selain itu, perlu dilakukan penelitian dengan membuat membran dengan ketebalan yang sama untuk setiap sampel sehingga dapat



dilihat pengaruh perubahan konsentrasi larutan elektrolit terhadap kapasitansi membran tersebut.



## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Amir, S., Ali, S.A.H., dan Mohamed, N.S., 2011, *Ion Conductive Polymer Electrolyte Membranes And Simulation Of Their Fractal Growth Patterns*, Cent. Eur. J. Physics, Vol. 40, No. 1., Hal. 75-78, Malaysia
- Amri, K., Akbar, A.Y., dan Oktaviano, H.S., 2005, *Preparasi Membran Polimer Elektrolit Sebagai Komponen Dasar Fuel Cell Dengan Matriks Yang Berasal Dari Bahan Indonesia*, Jurnal Kimia Industri, Vol. 4, No. 7, Hal. 1, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta
- Emriadi, 2004, *Material Polimer*, Andalas University Press, Padang
- Gultom, M.P.F., 2007, *Pemanfaatan Membran Kitosan Termodifikasi Polivinil Alkohol Dengan Polietilena Glikol Sebagai Porogen Pada Dialisis Larutan Glisina*, Skripsi S1, Institut Pertanian Bogor
- Handayani, Sri., Dewi, E.L., Purwanto, W.W., dan Soemantojo, R.W., 2007, *Preparasi Membran Elektrolit Berbasis Poliaromatik Untuk Aplikasi Sel Bahan Bakar Metanol Langsung Suhu Tinggi*, Jurnal Sains Material Indonesia, Vol. 8, No. 3, Hal. 192-197, Indonesia
- Hartanto, Singgih., Handayani, Sri., Marlina, Lin., dan Latifah., 2005, *Pengaruh Silika Pada Membran Elektrolit Berbasis Polieter Keton*, Indonesian Journal of Material Science, Vol. 8, No. 3, Hal. 205, Tangerang, Indonesia
- Harun, M.H., Saion, E., Kassim, A., Mahmud, E., Hussain, M.Y., dan Mustafa, I.S., 2009, *Dielectric Properties Of Poly (vinyl alcohol)/Polypyrrole Composite Polymer Films*, Journal For The Advancement of Science and Arts, Vol. 1, No. 1, Hal. 9-11, Malaysia
- Hutagalung, S.D., 1999, *Kapasitor Film Tipis Timah Selenida*, Jurnal Fisika Indonesia, Vol. 111, No. 9, Hal. 3-6, Medan, Indonesia
- Labidi, N.S. dan Djebaili, A., 2008, *Studies Of The Mechanism Of Polyvinyl Alcohol Adsorption On The Calcite/ Water Interface In The presence Of Sodium Oleate*, Journal Of Minerals And Materials Characterization And Engineering, Vol. 7, No 2, Hal. 147-148, USA
- Pandolfo, A.G. dan Hollenkamp, A.F., 2006, *Carbon Properties And Their Role In Supercapacitors*, J. Power Sources by Elsevier, Vol. 157, No. 2, Hal. 12, Australia

Rahmi, W.P., 2011, *Penentuan Nilai Kapasitansi Resin Kedondong Laut (Nothopanax Fruticosum Mic) Dengan Pelarut Alkohol Dan Bensin*, Skripsi S1, Universitas Andalas

Rajendran, S., Prabhu, M.R., dan Rani, M.U., 2008, *Characterization Of PVC/PEMA Based Polymer Blend Electrolytes*, Int. J. Electrochem. Science, Vol. 3, No. 3, Hal. 282 – 290, India

Rosi, M. dan Abdullah, M., 2009, *Sintesis Nanopori Karbon Dari Tempurung Kelapa Sebagai Elektroda Pada Supercapacitor*, Jurnal nanosains dan nanoteknologi, Edisi Khusus, Hal. 29-30, Indonesia

Sampath, S., Choudhury, N.A., dan Shukla, A.K., 2009, *Hydrogel Membrane Electrolyte For Electrochemical Capacitors*, J. Chem. Science, Vol. 121, No. 5, Hal. 727-728, India

Schneuwly, A. dan Gallay, R., 2000, *Properties And Applications Of Supercapacitors From The State Of The Art To Future Trends*, Proceeding PCIM, Hal. 1-3, Swiss

Sears, F.W. dan Mark W.Z., 1994, *Fisika Untuk Universitas 2*, Bina Cipta, Bandung

Silalahi, F.R.L. dan Tambunan, A.H., 2005, *Pengukuran Difusivitas Termal dan Sifat Dielektrik Pada Frekuensi Radio Dari Andaliman*, Buletin Agricultural Engineering, Vol. 1, No. 2, Hal. 58-60, Indonesia

Tipler, Paul A., 1996, *Fisika Untuk Sains Dan Teknik Edisi Ketiga Jilid 2*, Erlangga, Jakarta

Young, H.D. dan Freedman, R.A., 2004, *Fisika Universitas*, Erlangga, Jakarta

Zhang, Y.C., Wei, L., Shen, X., dan Liang, H., 2009, *Study Of Supercapacitor In The Application Of Power Electronics*, Int. J. Wseas Transactions, Vol. 8, No. 6, Hal. 508-509, Shanghai, Tongji University

<http://www.infosum.net/id/hardware/super-capacitors.html>, 23 November 2010




<http://www.indonesiaindonesia.com/f/90534-kapasitor-super-gantikan-baterai/>, 23 November 2010


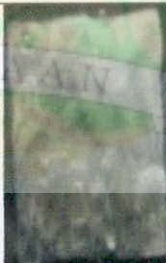
Lampiran 1. Nilai kapasitansi membran elektrolit

No	Sampel	Larutan Elektrolit		PVA (gr)	Frekuensi (kHz)	Kapasitansi ( $\mu\text{F}$ )						Rata-rata
		NaOH	NaCl			I	II	III	IV	V		
1	A	-	0,28	1,5	0,1	2,27	2,48	2,55	2,06	2,28	2,33	
		-	0,28	1,5	1	0,68	0,50	0,66	0,55	0,47	0,57	
		-	0,28	1,5	10	0,44	0,43	0,47	0,31	0,34	0,40	
2	B	-	0,38	1,5	0,1	2,74	2,79	2,67	2,57	2,61	2,68	
		-	0,38	1,5	1	0,66	0,48	0,45	0,52	0,59	0,54	
		-	0,38	1,5	10	0,44	0,52	0,62	0,54	0,32	0,49	
3	C	-	0,40	1,5	0,1	1,86	2,04	2,59	1,42	1,92	1,97	
		-	0,40	1,5	1	0,84	0,48	0,45	0,45	0,79	0,60	
		-	0,40	1,5	10	0,53	0,44	0,58	0,47	0,55	0,51	
4	D	-	0,50	1,5	0,1	2,25	2,24	3,35	2,43	2,27	2,51	
		-	0,50	1,5	1	0,52	0,45	0,47	1,45	0,62	0,70	
		-	0,50	1,5	10	0,53	0,51	0,32	0,59	0,62	0,51	
5	E	-	0,60	1,5	0,1	2,55	1,71	1,53	1,99	2,57	2,07	
		-	0,60	1,5	1	0,73	0,60	0,67	0,60	0,53	0,63	
		-	0,60	1,5	10	0,64	0,53	0,47	0,61	0,67	0,58	
6	F	0,09	-	1,5	0,1	2,38	2,49	2,33	2,44	2,04	2,34	
		0,09	-	1,5	1	0,65	0,47	0,78	0,51	0,63	0,61	
		0,09	-	1,5	10	0,65	0,66	0,61	0,65	0,62	0,64	
7	G	0,14	-	1,5	0,1	1,10	2,20	3,15	2,39	1,91	2,15	
		0,14	-	1,5	1	0,50	0,54	0,60	0,69	0,57	0,58	
		0,14	-	1,5	10	0,91	0,64	0,74	0,72	0,86	0,77	
8	H	0,18	-	1,5	0,1	2,33	2,34	2,29	2,01	2,62	2,32	
		0,18	-	1,5	1	0,61	0,83	0,61	0,58	0,88	0,70	
		0,18	-	1,5	10	0,45	0,48	0,53	0,58	0,45	0,50	
9	I	0,28	-	1,5	0,1	1,20	2,30	1,90	2,40	1,91	1,94	
		0,28	-	1,5	1	1,11	1,22	1,78	0,99	1,44	1,31	
		0,28	-	1,5	10	1,08	1,28	1,56	2,49	2,33	1,75	
10	J	0,40	-	1,5	0,1	2,02	1,74	1,76	2,00	2,10	1,92	
		0,40	-	1,5	1	0,91	0,89	1,04	1,15	0,69	0,94	
		0,40	-	1,5	10	0,74	0,72	0,78	0,85	0,62	0,74	
11	M	0,14	-	1,5	0,1	2,23	1,97	1,79	1,84	1,95	1,96	
		0,14	-	1,5	1	0,88	0,64	0,71	0,74	0,81	0,76	
		0,14	-	1,5	10	0,82	0,89	0,75	0,77	0,71	0,79	
12	L	-	0,28	1,5	0,1	2,64	2,62	2,07	2,30	1,49	2,22	
		-	0,28	1,5	1	0,71	0,64	0,68	0,54	0,85	0,68	
		-	0,28	1,5	10	0,67	0,55	1,03	0,57	0,85	0,73	



Lampiran 2. Sampel hasil penelitian dengan variasi larutan elektrolit

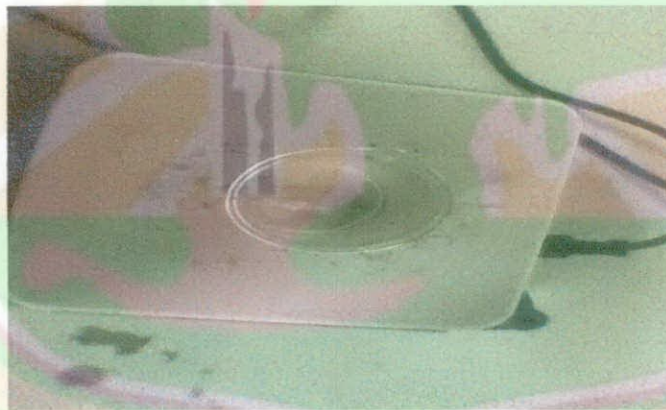
Larutan Elektrolit	Nama Sampel	
NaCl		
	K	
NaOH		
	P	Q

Larutan Elektrolit	Nama Sampel	
Asetonitril + NaOH		
	N	O

### Lampiran 3. Foto-foto penelitian



Gambar 5. Membran yang masih berada pada cawan petri



Gambar 6. Proses pengadukan di atas *Hot plate magnetic stirrer*



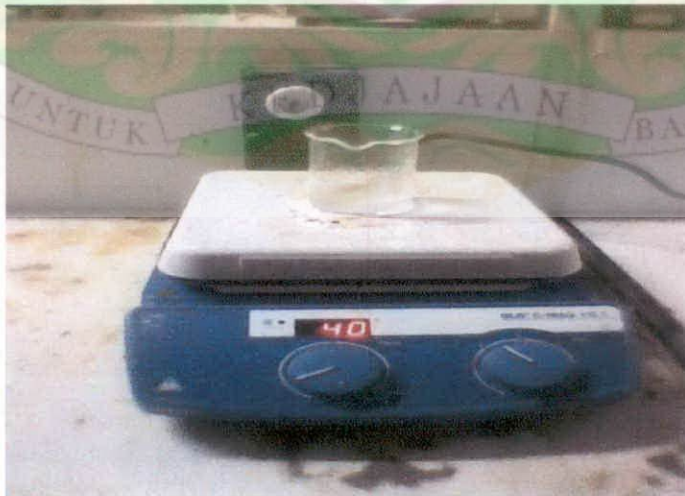
Gambar 7. Membran yang sangat sulit ditarik dari cawan petri karena terlalu tipis



Gambar 8. Membran dengan struktur fisik halus dan rata



Gambar 9. Membran yang masih basah atau mengandung air



Gambar 10. Pengadukan bahan pada suhu 40°C