



**PENGUKURAN NILAI DIELEKTRIK PADA BAHAN CUKA BERDASARKAN  
VARIASI FREKUENSI SUMBER TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN  
OSILOSKOP**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ria Fitriani  
NIM 111810201025**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS JEMBER  
2016**



**PENGUKURAN NILAI DIELEKTRIK PADA BAHAN CUKA BERDASARKAN  
VARIASI FREKUENSI SUMBER TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN  
OSILOSKOP**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Fisika (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Sains

Oleh

**Ria Fitriani**  
**NIM 111810201025**

**JURUSAN FISIKA**  
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**  
**UNIVERSITAS JEMBER**  
**2016**

## PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan dengan penuh rasa cinta, syukur dan terimakasih kepada:

1. Kedua orangtuaku Bapak Sugeng Hartono dan Ibu Sri Lestari tercinta atas semua do'a yang selalu dipanjatkan dalam mengiringi langkahku selama menuntut ilmu, membimbing, mendukung, memberikan kasih sayang tanpa batas dan pengorbanan yang telah diberikan selama ini;
2. Adikku Dian Krissanto, atas do'a, dukungan dan keceriaan yang diberikan dalam waktu-waktu tersulit selama ini;
3. guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi yang telah membimbing dan memberikan ilmu dengan penuh kesabaran dan keikhlasan;
4. Almamater Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

## MOTTO

Memulai dengan penuh keyakinan;  
Menjalankan dengan penuh keikhlasan;  
Menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan.\*)

Rahmat sering datang kepada kita dalam bentuk kesakitan, kehilangan dan kekecewaan; tetapi kalau kita sabar, kita segera akan melihat bentuk aslinya.

(Joseph Addison)\*\*)

Tiada suatu usaha yang besar akan berhasil tanpa dimulai dari usaha yang kecil.\*\*\*)

---

\*) Ornata, F. A. 2013. *Kumpulan Filsosofi Hidup*. [serial online]. <http://thefilosofi.blogspot.co.id/2016/05/motto-hidup-pendidikan-untuk-pelajar.html>.

\*\*) Priambodo, S. 2016. *Kumpulan Motto Hidup*. [serial online]. <http://fredrikharvest.blogspot.co.id/2013/03/kumpulan-motto-hidup.html>.

\*\*\*) Joeniarto, 1967 dalam Mulyono, E. 1998. *Beberapa Permasalahan Implementasi Konvensi Keanekaragaman Hayati dalam Pengolahan Taman Nasional Meru Betiri*. Tesis magister, tidak dipublikasikan.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ria Fitriani

NIM : 111810201025

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul *“Pengukuran Nilai Dielektrik Pada Bahan Cuka Berdasarkan Variasi Frekuensi Sumber Tegangan dengan Menggunakan Osiloskop”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, Juni 2016

Yang menyatakan,

Ria Fitriani  
NIM 111810201025

**SKRIPSI**

**PENGUKURAN NILAI DIELEKTRIK PADA BAHAN CUKA BERDASARKAN  
VARIASI FREKUENSI SUMBER TEGANGAN DENGAN MENGGUNAKAN  
OSILOSKOP**

Oleh

Ria Fitriani  
NIM 111810201025

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Misto, M.Si.

Dosen Pembimbing Anggota : Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “Pengukuran Nilai Dielektrik Pada Bahan Cuka Berdasarkan Variasi Frekuensi Sumber Tegangan dengan Menggunakan Osiloskop” telah diuji dan disahkan pada:

hari :  
tanggal :  
tempat : Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Jember

**Tim Penguji**

**Ketua**  
(Dosen Pembimbing Utama)

Ir. Misto, M.Si.  
NIP. 195911211991031002

**Dosen Penguji I**

Nurul Priyantari, S.Si., M.Si.  
NIP. 197003271997022001

**Sekretaris**  
(Dosen Pembimbing Anggota)

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.  
NIP.197412152002121001

**Dosen Penguji II**

Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si.  
NIP. 197202101998021001

**Mengesahkan**  
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam

Drs. Sujito, Ph.D.  
NIP. 196102041987111001

## RINGKASAN

**Pengukuran Nilai Dielektrik Pada Bahan Cuka Berdasarkan Variasi Frekuensi Sumber Tegangan dengan Menggunakan Osiloskop; Ria Fitriani, 111810201025; 2016: 67 halaman; Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.**

Cuka merupakan larutan organik dengan rasa asam yang dihasilkan dari bahan kaya gula seperti buah Apel, Anggur, Beras dan Ketan Hitam yang diolah melalui dua proses fermentasi yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam asetat. Berdasarkan sifat larutannya, cuka merupakan larutan elektrolit lemah yang memiliki daya hantar listrik dengan besar derajat ionisasi yaitu ( ). Salah satu sifat hantaran listrik dari larutan cuka dapat ditinjau berdasarkan nilai konstanta dielektrik dan kurva histerisis konstanta dielektrik-frekuensi sumber tegangan untuk setiap jenis larutan cuka. Melalui nilai konstanta dielektrik tersebut dapat diketahui kemampuan larutan cuka sebagai bahan dielektrik yang berfungsi untuk meningkatkan kapasitansi kapasitor. Selain itu, berdasarkan kurva histerisisnya dapat diketahui kemampuan larutan cuka sebagai penyimpan energi.

Penelitian telah dilakukan menggunakan alat ukur pH meter digital untuk menentukan pH larutan cuka dan osiloskop sebagai alat ukur tegangan masukan ( ) dan tegangan keluaran rangkaian ( ) yang selanjutnya digunakan dalam penentuan nilai konstanta dielektrik sampel penelitian. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor kapasitor dengan sumber tegangan AC. Sampel penelitian terdiri dari larutan Cuka Putih, Cuka Apel, dan Cuka Beras Hitam dengan konsentrasi 5%; 3,3% dan 1,6%.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa pada konsentrasi yang sama, ketiga jenis larutan cuka memiliki nilai pH larutan yang berbeda. Larutan Cuka Putih memiliki nilai pH paling kecil dan larutan Cuka Beras Hitam memiliki nilai pH paling besar. Perbedaan nilai pH larutan tersebut mengakibatkan terjadinya

perbedaan nilai konstanta dielektrik sampel ( ) pada frekuensi yang sama. Semakin besar pH larutan cuka, semakin besar pula nilai konstanta dielektriknya ( ). Hal ini diduga karena adanya perbedaan komposisi kimia bahan pada masing-masing sampel yang dianalisis dapat menyebabkan perbedaan jumlah senyawa natrium hidroksida yang terbentuk akibat reaksi antara Na dengan ion OH dalam aquades sebagai pelarut pada larutan cuka. Akibatnya, sampel yang mengandung Na terbesar cenderung mengandung senyawa natrium hidroksida terbanyak sehingga pH larutan menjadi semakin besar. Keadaan ini menyebabkan larutan cuka semakin mendekati pH aquades, sehingga nilai konstanta dielektriknya paling besar. Selanjutnya ketika nilai frekuensi sumber tegangan diperbesar, nilai konstanta dielektrik pada larutan cuka semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, ketika frekuensi sumber tegangan diperkecil, nilai konstanta dielektriknya semakin besar. Perubahan nilai frekuensi sumber tegangan tersebut menyebabkan terjadinya histerisis pada setiap sampel. Hasil ini dapat dilihat pada konsentrasi 1,6%, larutan Cuka Putih mengalami histerisis pada frekuensi (500-700) *kHz* dengan lebar kurva 3,367; larutan Cuka Apel pada frekuensi (600-800) *kHz* dengan lebar kurva 3,373 dan larutan Cuka Beras Hitam pada frekuensi (500-700) *kHz* dengan lebar kurva 3,450. Kurva histerisis ini menunjukkan bahwa larutan cuka memiliki kemampuan untuk menyimpan energi berupa nilai konstanta dielektrik ( ).

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengukuran Nilai Dielektrik Pada Bahan Cuka Berdasarkan Variasi Frekuensi Sumber Tegangan dengan Menggunakan Osiloskop”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, pengarahan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

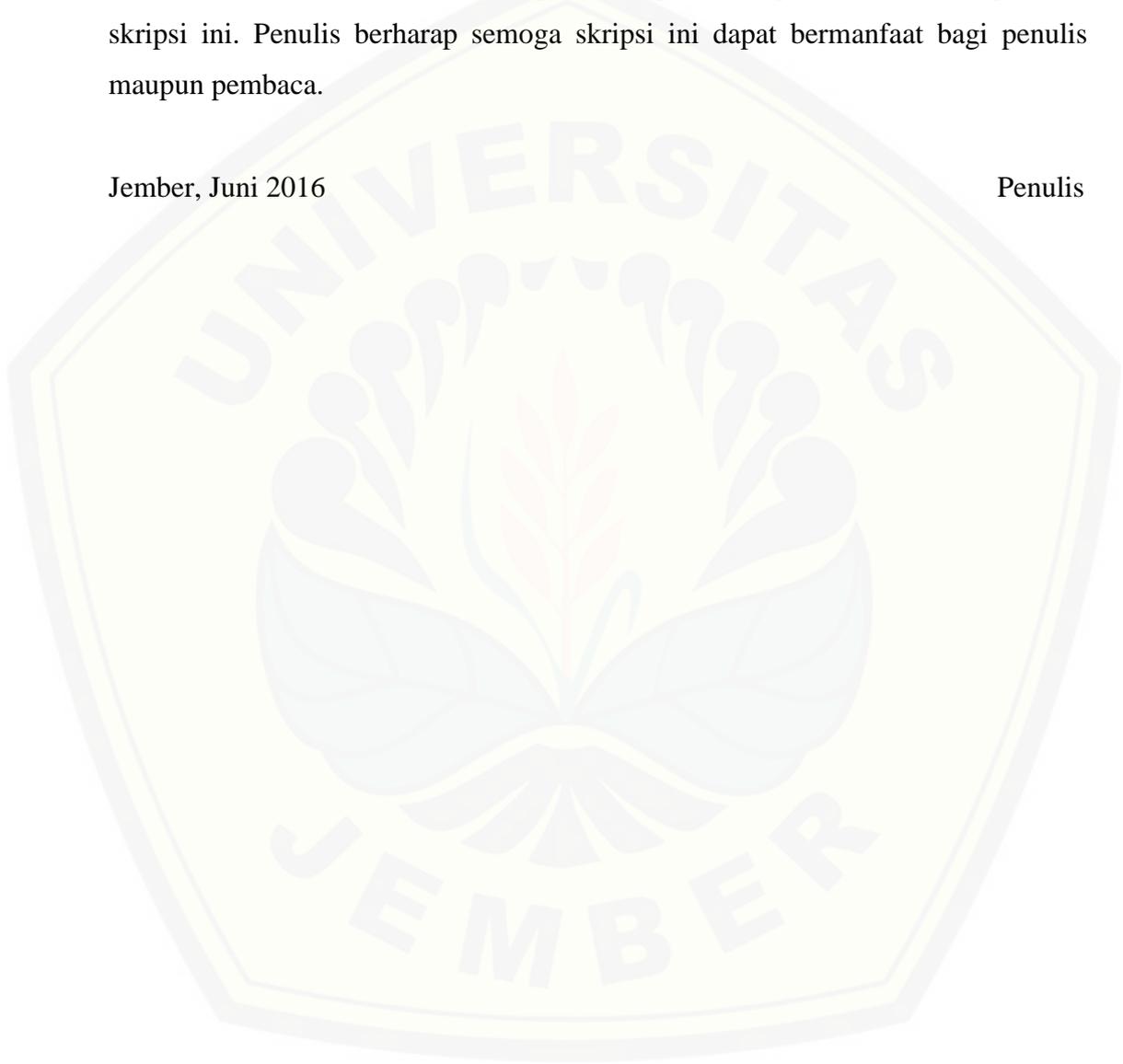
1. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Nurul Priyantari, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I dan Bowo Eko Cahyono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
4. seluruh staf pengajar dan karyawan Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
5. kedua orangtuaku Bapak Sugeng Hartono dan Ibu Sri Lestari, serta Adikku Dian Krisanto yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat;
6. Agus Budi Cahyono yang selalu memberi motivasi dan dukungan kepada penulis untuk selalu semangat dalam menyelesaikan skripsi ini;
7. Nova Alviati, Devi Septian Riri Artanti, Alvy Vironica Fitrohin Mustain, Putri P., Alex T.Z., Miftahul J., Novi D.A., Sri Gunarti N., Tis'atul L., Yahya E., A. Hamid, Putri R. W., dan semua teman-teman GP-11 (Gold-Physics 2011) yang telah memberikan bantuan dan dukungannya dalam penyelesaian skripsi ini;

8. teman-teman kos Arini F.Z., Yuni P., Dinar I., Wulan N., dan Savira R.S. yang selalu menjadi penghibur disaat lelah;
9. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Kritik dan saran dari semua pihak sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca.

Jember, Juni 2016

Penulis

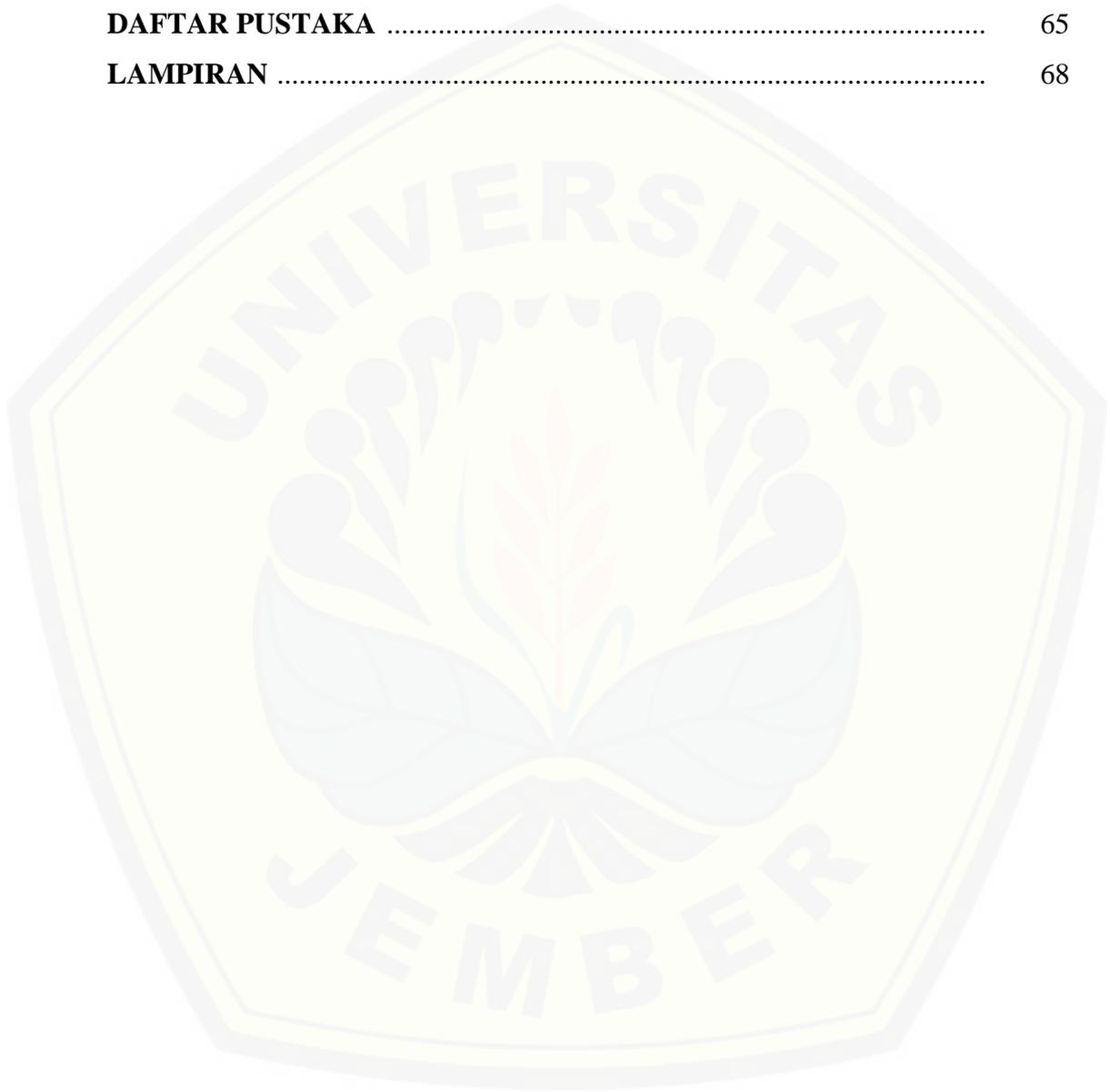


**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	3
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	4
<b>1.4 Tujuan</b> .....	4
<b>1.5 Manfaat</b> .....	4
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
<b>2.1 Cuka (Asam Asetat)</b> .....	5
<b>2.2 Manfaat Cuka</b> .....	7
<b>2.3 Pengenceran Larutan</b> .....	7
<b>2.4 Daya Hantar Larutan</b> .....	8
<b>2.5 Kapasitor</b> .....	10
<b>2.6 Kapasitor Pelat Sejajar</b> .....	12

2.7 Dielektrik .....	15
2.8 Kapasitor Dalam Rangkaian AC .....	20
2.9 Histerisis Pada Dielektrik .....	23
2.10 Osiloskop .....	24
2.11 Function Generator .....	28
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	30
3.1 Tempat dan Waktu .....	30
3.2 Alat dan Bahan .....	30
3.2.1 Alat .....	30
3.2.2 Bahan .....	30
3.3 Rancangan Penelitian .....	31
3.3.1 Diagram Alir Penelitian .....	31
3.3.2 Desain Alat Penelitian .....	32
3.4 Tahap Persiapan .....	37
3.4.1 Persiapan Bahan .....	37
3.4.2 Kalibrasi .....	38
3.5 Skema Rangkaian Alat Ukur Konstanta Dielektrik .....	40
3.6 Pengambilan Data .....	41
3.7 Analisis Data .....	42
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	44
4.1 Hasil .....	44
4.1.1 Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 5% .....	44
4.1.2 Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 3,3% .....	48
4.1.3 Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 1,6% .....	52
4.2 Pembahasan .....	56

<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	63
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	63
<b>5.2 Saran</b> .....	64
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	65
<b>LAMPIRAN</b> .....	68



**DAFTAR TABEL**

	Halaman
2.1 Daya hantar molar senyawa $\text{CH}_3\text{COOH}$ pada berbagai konsentrasi ( $\text{ml}^{-1} \text{mol}^{-1} \text{ohm}^{-1}$ ) .....	10
2.2 Nilai konstanta dielektrik berbagai bahan .....	20
2.3 Fungsi panel kontrol pada <i>function generator</i> .....	29
4.1 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan ( $f$ ) dengan nilai konstanta dielektrik ( ) pada larutan cuka 5% .....	47
4.2 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan ( $f$ ) dengan nilai konstanta dielektrik ( ) pada larutan cuka 3,3% .....	51
4.3 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan ( $f$ ) dengan nilai konstanta dielektrik ( ) pada larutan cuka 1,6% .....	55

**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
2.1	11
2.2	12
2.3	12
2.4	16
2.5	16
2.6	17
2.7	19
2.8	22
2.9	24
2.10	25
2.11	26
2.12	27
2.13	28
2.14	29
3.1	31
3.2	32
3.3	32
3.4	33
3.5	34
3.6	35

3.7	Susunan peralatan pengukuran nilai konstanta dielektrik .....	36
3.8	Desain rangkaian sensor kapasitor .....	40
4.1	Hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsnetrasi 5% .....	45
4.2	Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsentrasi 5%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam .....	46
4.3	Hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsnetrasi 3,3% .....	49
4.4	Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsentrasi 3,3%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam .....	50
4.5	Hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsnetrasi 1,6% .....	53
4.6	Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada konsentrasi 1,6%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam .....	54

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Komposisi bahan kimia pada larutan cuka 5% .....	68
B. Kalibrasi alat penentuan nilai konstanta dielektrik ( ).....	69
C. Proses penentuan nilai koreksi .....	70
D. Perhitungan pH larutan cuka berdasarkan nilai konsentrasi .....	71
E. Perhitungan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) pada setiap konsentrasi .....	71
F. Grafik hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) .....	80
G. Grafik hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) .....	81
H. Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) .....	84
I. Dokumentasi penelitian .....	87

## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Cuka yang disebut juga sebagai asam asetat dengan rumus empiris  $\text{CH}_3\text{COOH}$  berasal dari kata latin *acetum*. Asam asetat merupakan senyawa kimia asam organik yang merupakan asam karboksilat paling sederhana. Secara umum, cuka berasal dari bahan kaya gula seperti buah Anggur, Apel, Nira Kelapa dan lain-lain, namun dapat juga terbuat dari Beras maupun Ketan Hitam, dimana bahan-bahan tersebut diolah melalui proses fermentasi alkohol yang dilanjutkan dengan proses fermentasi asam asetat, sehingga diperoleh cuka (Nurika dan Hidayat, 2001).

Beberapa manfaat cuka antara lain pada bidang industri, laboratorium dan kesehatan. Pada bidang industri pangan, cuka lebih banyak digunakan sebagai campuran, dimana penggunaan cuka dengan konsentrasi rendah digunakan sebagai pemberi rasa asam serta aroma pada makanan (Fesseden dan Fesseden, 1997). Selain itu, jika ditinjau berdasarkan sifat larutannya, cuka merupakan larutan elektrolit lemah yang memiliki daya hantar arus listrik dengan derajat ionisasi sebesar . Jika larutan ini berada dalam pengaruh medan listrik, maka ion positif akan tertarik menuju ke katoda, sedangkan ion negatif akan tertarik menuju ke anoda. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya perpindahan muatan dari satu kutub ke kutub lainnya, sehingga mengakibatkan terjadinya hantaran arus listrik (Syukri, 1999).

Berdasarkan penjelasan di atas, cuka merupakan salah satu larutan yang memiliki potensi listrik sebagai bahan dielektrik pada kapasitor dan sebagai memori berdasarkan kurva histerisinya. Sifat kelistrikan dari suatu bahan dipengaruhi oleh kondisi internal pada bahan tersebut seperti momen dipol listrik, komposisi kimia bahan, kandungan air, keasaman dan sifat internal lain

(Kamajaya, 1984). Salah satu sifat listrik dari larutan cuka dapat ditinjau berdasarkan nilai konstanta dielektrik yang diperoleh dengan cara menerapkan tegangan listrik pada bahan tersebut. Konstanta dielektrik merupakan ukuran seberapa efektif suatu bahan dapat melawan efek medan listrik yang mengenai bahan tersebut (Beiser, 1962). Sifat dielektrik suatu bahan juga dapat dilihat berdasarkan kurva histerisis, dimana kurva histerisis tersebut mampu menjelaskan seberapa besar energi yang masih tetap disimpan di dalam bahan akibat tegangan yang diterapkan pada bahan tersebut.

Beberapa penelitian sebelumnya terkait dengan sifat listrik bahan transparan terutama pada penentuan nilai konstanta dielektrik telah dilakukan dengan menggunakan metode yang berbeda akan tetapi perlakuan sama yaitu variasi frekuensi sumber tegangan dengan rentang frekuensi yang berbeda, diantaranya oleh Setyani *et al.* (2014) yaitu pada membran telur bebek dengan perlakuan perendaman bahan tersebut ke dalam larutan elektrolit kuat  $\text{CaCl}_2$  yang diukur menggunakan LCR-meter dengan rentang frekuensi  $100 \text{ Hz} - 2000 \text{ Hz}$ . Nilai konstanta dielektrik yang dihasilkan memiliki nilai berbanding terbalik dengan frekuensi yaitu semakin besar frekuensi yang digunakan maka nilai konstanta dielektriknya semakin kecil. Penelitian lain dilakukan oleh Rosita *et al.* (2014) yang mengukur konstanta dielektrik lemak ayam menggunakan LCR-meter dengan rentang frekuensi  $800 \text{ Hz} - 2000 \text{ Hz}$  dan hasil yang didapatkan yaitu semakin besar frekuensi yang digunakan, nilai konstanta dielektriknya semakin kecil. Secara umum, prinsip kerja dari LCR-meter yaitu menggunakan pelat sejajar yang diberi tegangan listrik. Output dari LCR-meter berupa nilai kapasitansi yang selanjutnya digunakan untuk mendapatkan nilai konstanta dielektrik dari bahan tersebut. Alat lain yang dapat juga digunakan untuk memperoleh nilai konstanta dielektrik dari suatu bahan yaitu osiloskop, dengan menggunakan prinsip yang sama yaitu metode pelat sejajar.

Penelitian ini dilakukan menggunakan alat osiloskop dengan metode rangkaian sensor kapasitor untuk memperoleh nilai konstanta dielektrik dari bahan

larutan cuka. Nilai tersebut didapatkan dengan merangkai dua buah kapasitor secara seri, dimana salah satu kapasitor memiliki nilai kapasitansi  $C_1$  dan kapasitor lain dengan nilai kapasitansi  $C_2$ . Kapasitor  $C_1$  merupakan kapasitor pelat sejajar yang di antara kedua pelatnya terdapat larutan cuka, sedangkan kapasitor  $C_2$  merupakan kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi mendekati  $C_1$ . Sumber tegangan yang diberikan pada pelat berupa sumber arus AC (*Alternating Current*). Selanjutnya, jenis larutan cuka yang diteliti antara lain larutan Cuka Putih, larutan Cuka Apel dan larutan Cuka Beras Hitam dengan konsentrasi 5 ; 3,3 dan 1,6 . Pada setiap sampel tersebut diberi variasi frekuensi sumber tegangan sebesar 100 kHz – 1000 kHz dengan rentang frekuensi sebesar 100 kHz. Hasil data yang terukur dari penelitian ini berupa nilai tegangan input ( ) dan tegangan output ( ) yang terbaca pada layar osiloskop. Data tersebut kemudian digunakan untuk menentukan nilai konstanta dielektrik dari setiap jenis larutan cuka yang diteliti. Dari hasil ini dapat diketahui salah satu sifat kelistrikan yaitu nilai konstanta dielektrik ( ) dari setiap jenis larutan cuka yang digunakan. Sementara itu, ketika larutan cuka diberi variasi frekuensi sumber tegangan mulai batas bawah hingga batas atas frekuensi dan kemudian diturunkan kembali mulai dari batas atas hingga batas bawah frekuensi maka akan membentuk sebuah kurva histerisis yang dapat menyatakan sifat dari bahan dielektrik tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana nilai konstanta dielektrik dari masing-masing jenis larutan cuka berdasarkan nilai pH larutan pada konsentrasi yang sama dari hasil pengukuran dengan menggunakan osiloskop?
2. Bagaimana sifat dielektrik dari masing-masing jenis larutan cuka berdasarkan kurva histerisis antara frekuensi dengan konstanta dielektrik bahan dari hasil pengukuran menggunakan osiloskop?

### 1.3 Batasan Masalah

Pengambilan data pada penelitian ini dibatasi pada beberapa hal antara lain:

1. Suhu larutan cuka mengikuti suhu ruang Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember yaitu sebesar ( ).
2. Pengukuran dilakukan pada frekuensi  $100\text{ kHz} - 1000\text{ kHz}$  dengan rentang frekuensi sebesar  $100\text{ kHz}$ .
3. Sampel penelitian terdiri dari larutan Cuka Putih, larutan Cuka Apel dan larutan Cuka Beras Hitam dengan konsentrasi  $5\%$ ;  $3,3\%$  dan  $1,6\%$ .
4. Wadah sampel yang digunakan memiliki dimensi  $7\text{ cm} \times 2,5\text{ cm} \times 0,7\text{ cm}$ .
5. Pelat yang digunakan adalah pelat PCB (*Printed Circuit Board*) dengan dimensi  $7\text{ cm} \times 2,5\text{ cm}$ .

### 1.4 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Mengetahui nilai konstanta dielektrik dari masing-masing jenis larutan cuka berdasarkan nilai pH larutan pada konsentrasi yang sama dari hasil pengukuran dengan menggunakan osiloskop.
2. Mengetahui sifat dielektrik dari masing-masing jenis larutan cuka berdasarkan kurva histerisis antara frekuensi dengan konstanta dielektrik bahan dari hasil pengukuran menggunakan osiloskop.

### 1.5 Manfaat

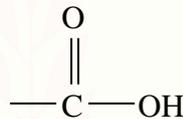
Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai informasi tentang kemampuan larutan cuka sebagai bahan dielektrik untuk meningkatkan kapasitansi kapasitor berdasarkan nilai konstanta dielektriknya.
2. Sebagai informasi tentang potensi larutan cuka jika digunakan sebagai memori berdasarkan karakteristik kurva histerisisnya.

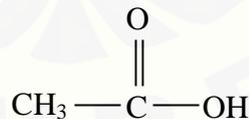
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cuka (Asam Asetat)

Cuka yang disebut juga sebagai asam asetat dalam ilmu kimia disebut sebagai *acetic* atau *acetum*, akan tetapi dalam kalangan masyarakat biasa disebut sebagai cuka atau asam cuka. Nama asam asetat berasal dari bahasa latin *acetum* yang berarti cuka. Selain itu, cuka juga memiliki nama dagang yaitu *vinegar*. Kata *vinegar* berasal dari kata bahasa perancis *vinaigre* yang berarti Anggur asam. Cuka adalah senyawa organik yang termasuk dalam golongan asam karboksilat dengan gugus fungsinya adalah:



Asam karboksilat dalam cuka sangat penting di bidang perdagangan, industri, laboratorium dan dikenal sebagai pemberi rasa asam serta aroma dalam makanan (Triharto, 2010). Rumus kimia dari cuka adalah:



Adanya gugus -OH dalam cuka menyebabkan bahan ini dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air, sehingga cuka dapat bercampur dengan air (Fessenden dan Fessenden, 1997).

Cuka merupakan larutan yang memiliki rasa asam dan umumnya berasal dari bahan kaya gula seperti buah Anggur, Apel, Nira Kelapa, dan lain-lain, namun dapat juga terbuat dari Beras dan Ketan Hitam, dimana bahan-bahan

tersebut diolah melalui proses fermentasi alkohol yang dilanjutkan dengan proses fermentasi asam asetat. Selain itu, cuka juga dapat dihasilkan dari bahan yang rendah gula dengan cara menambahkan alkohol secara langsung pada proses fermentasi alkohol. Hal ini akan lebih efektif daripada menambahkan gula untuk diubah menjadi alkohol (Nurika dan Hidayat, 2001). Dalam Laboratorium Mikrobiologi Industri [Tanpa Tahun], cuka yang memiliki nama dagang *vinegar*, berdasarkan bahan bakunya dapat digolongkan menjadi 4, yaitu:

- a. *Cider Vinegar* dan *Apple Vinegar*, dihasilkan dari alkohol hasil fermentasi buah Apel.
- b. *Wine Vinegar* dan *Grape Vinegar*, dihasilkan dari alkohol hasil fermentasi buah Anggur.
- c. *Malt Vinegar*, dihasilkan dari fermentasi larutan glukosa.
- d. *White Distilled Vinegar* dan *Grain Vinegar*, dihasilkan dari alkohol yang terdestilasi.

Bentuk murni dari asam cuka disebut dengan asam asetat glasial. Asam asetat glasial merupakan asam asetat yang dibuat dengan mereaksikan metanol dan karbon monoksida. Bahan asal dari reaksi ini disintesa dari gas alam, minyak bumi atau batu bara. Asam asetat glasial memiliki beberapa sifat diantaranya berbentuk cairan jernih (tidak berwarna) serta mudah terbakar, berbau menyengat, mempunyai titik beku  $17^{\circ}\text{C}$ , titik didih  $118^{\circ}\text{C}$  serta larut dalam alkohol, air, gliserol serta eter. Dalam bentuk cair atau uap, asam asetat glasial sangat korosif terhadap kulit dan jaringan lain. Selain itu, cuka juga bersifat sebagai pelarut hidrofilik (polar) sehingga cuka dapat melarutkan baik senyawa polar seperti garam organik dan gula maupun senyawa non-polar seperti minyak. Larutan ini mempunyai sifat mudah menguap di udara terbuka, mudah terbakar dan dapat menyebabkan korosif apabila bereaksi dengan logam (Fessenden dan Fessenden, 1997).

## 2.2 Manfaat Cuka

Cuka adalah asam organik berwarna jernih dengan bau menyengat. Cuka merupakan pereaksi kimia dan bahan baku industri untuk menghasilkan berbagai senyawa kimia. Cuka banyak digunakan pada bidang kesehatan, laboratorium, dan industri (Laboratorium Mikrobiologi Industri, Tanpa Tahun). Salah satu manfaat cuka dalam bidang industri pangan yaitu dapat digunakan sebagai pengatur keasaman pada makanan dan pengawet makanan. Sementara itu, cuka yang dikenal memiliki rasa asam juga dimanfaatkan oleh masyarakat secara luas sebagai pemberi rasa asam serta aroma dalam makanan. Pada bidang kesehatan cuka dapat digunakan sebagai antiseptik. Disamping efek positif dari fungsi cuka, juga terdapat beberapa efek negatif diantaranya yaitu jika mengkonsumsi makanan yang mengandung cuka secara terus-menerus dapat merusak email gigi dan jika mengkonsumsi cuka dengan konsentrasi tinggi dapat berakibat merusak sistem pencernaan serta memacu meningkatkan keasaman dalam darah (Fessenden dan Fessenden, 1997).

## 2.3 Pengenceran Larutan

Konsentrasi merupakan ukuran jumlah zat terlarut tiap satu satuan volume dalam larutan. Menurut Hardiningtyas *et al.* (2012) satuan-satuan dari konsentrasi adalah sebagai berikut:

- a. Persentase (%), menyatakan jumlah gram zat terlarut dalam tiap 100 gram larutan.
- b. Fraksi mol (X), menyatakan perbandingan jumlah mol suatu zat dalam larutan terhadap jumlah mol seluruh zat dalam larutan.
- c. Kemolaran (M), menyatakan jumlah mol zat terlarut dalam tiap liter larutan.
- d. Kemolalan (m), menyatakan jumlah zat terlarut dalam tiap 1000 gram pelarut.
- e. Kenormalan (N), menyatakan jumlah zat terlarut dalam tiap liter larutan.

Konsentrasi suatu larutan dapat diperkecil melalui proses pengenceran, yaitu dengan cara menambahkan pelarut pada larutan pekat (konsentrasi tinggi) sehingga didapatkan volume zat pelarut yang lebih besar. Menurut Hardiningtyas *et al.* (2012), secara matematis formula yang digunakan pada pengenceran adalah sebagai berikut:

$$V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2 \quad (2.1)$$

Keterangan:

- = Volume larutan yang akan dibuat (*ml*)
- = Persentase zat terlarut yang akan dibuat (%)
- = Volume zat terlarut yang akan diambil untuk proses pengenceran (*ml*)
- = Persentase zat terlarut yang digunakan (%)

#### 2.4 Daya Hantar larutan

Larutan adalah campuran yang bersifat homogen (seragam) dan terdiri dari dua atau lebih zat dalam komposisi yang dapat bervariasi. Pada larutan, sifat kimia komponen tidak berubah (Noerdin, 1986). Cuka disebut sebagai larutan karena terdiri dari zat pelarut dan zat terlarut. Pada larutan tersebut, yang berfungsi sebagai zat terlarut adalah bahan kaya gula yang dijadikan sebagai bahan utama dalam pembuatan cuka seperti Apel, Nira Kelapa, Anggur dan lain-lain, sedangkan yang berfungsi sebagai zat pelarut adalah air yang ditambahkan ketika proses fermentasi.

Menurut Arrhenius pada tahun 1890, larutan dapat menghantarkan arus listrik melalui partikel bermuatan yang disebut ion. Jika larutan berada dalam pengaruh medan listrik, maka ion positif akan tertarik menuju ke katoda sedangkan ion negatif akan tertarik menuju ke anoda. Peristiwa ini menyebabkan terjadinya perpindahan muatan dari suatu kutub ke kutub lainnya yang mengakibatkan terjadinya hantaran arus listrik. Hantaran arus listrik dalam larutan disebut

penghantar elektrolit. Besar hantaran arus listrik dari suatu larutan dapat ditentukan menggunakan arus bolak-balik (AC).

$$\sigma = \frac{1}{R} \quad (2.2)$$

$R$  merupakan tahanan yang dihitung dari beda potensial listrik serta kuat arus yang digunakan. Sesuai dengan hukum Ohm:

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.3)$$

Sehingga hantaran arus listrik di dalam larutan adalah:

$$\sigma = \frac{I}{V} \quad (2.4)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Hantaran arus listrik ( $Ohm^{-1}$ )

$V$  = Beda potensial (*Volt*)

$I$  = Kuat arus (*Ampere*)

$R$  = Tahanan (*Ohm*)

Hantaran arus listrik dari suatu larutan bergantung pada jenis ion, konsentrasi ion, jarak elektroda, luas kedua elektroda serta suhu (Syukri, 1999).

Cuka dengan rumus empiris  $CH_3COOH$  merupakan larutan elektrolit lemah yaitu senyawa yang di dalam air akan terionisasi sebagian sehingga hanya sebagian molekul saja yang berubah menjadi ion dan sebagian yang lainnya tetap sebagai molekul senyawa yang terlarut. Oleh karena itu, cuka memiliki daya hantar arus listrik yang lemah. Ketika cuka ( $CH_3COOH$ ) diencerkan sehingga konsentrasinya menjadi semakin kecil, maka molekul di dalam larutan cuka tersebut akan terion lebih banyak sehingga daya hantarnya akan semakin kuat (Syukri, 1999). Larutan elektrolit lemah memiliki nilai derajat ionisasi lebih dari

nol dan kurang dari satu . Bentuk reaksi kimia asam asetat ditunjukkan oleh:

Tabel 2.1 Daya hantar molar senyawa  $\text{CH}_3\text{COOH}$  pada berbagai konsentrasi ( $\text{ml}^{-1} \text{mol}^{-1} \text{ohm}^{-1}$ )

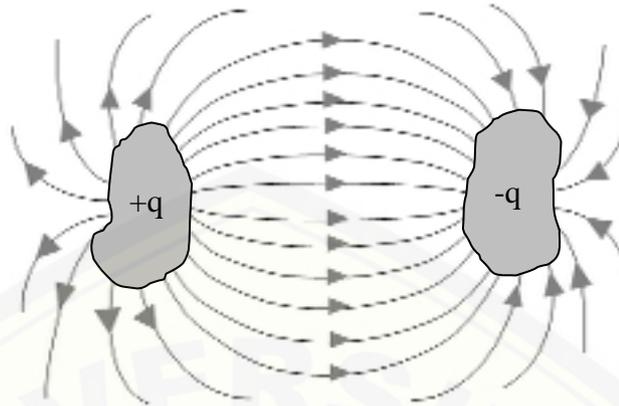
Konsentrasi $\text{CH}_3\text{COOH}$	Daya hantar $\text{CH}_3\text{COOH}$
0,0000	391
0,0005	68
0,001	49
0,005	23
0,01	16
0,05	7
0,10	5

Sumber: Syukri (1999).

## 2.5 Kapasitor

Listrik merupakan salah satu energi yang sangat diperlukan oleh semua orang. Oleh karena itu, dalam pemakaian listrik sering kali sejumlah muatan disimpan untuk digunakan pada kesempatan lain. Alat penyimpan muatan ini disebut sebagai kapasitor. Kapasitor merupakan sebuah komponen elektronika yang dapat menyimpan muatan listrik dalam bentuk medan listrik. Kapasitor terdiri dari dua buah konduktor dengan bentuk yang berbeda-beda (bentuk geometri diabaikan), dimana konduktor ini disebut sebagai pelat. Pada kapasitor, kedua pelat sepenuhnya terisolasi dari keadaan sekitar, dimana masing-masing pelat memiliki muatan yang sama besar namun berlawanan tanda yaitu  $+q$  dan  $-q$  (Halliday *et al.*, 1916).

Kapasitor akan terisi muatan jika kedua pelat dihubungkan dengan sumber tegangan dimana salah satu pelat terisi muatan  $+q$  dan pelat satunya terisi muatan  $-q$  sehingga kedua pelat akan menghasilkan beda potensial yang dihasilkan oleh garis-garis gaya listrik dari  $+q$  menuju ke  $-q$  (Halliday *et al.*, 1916).



Gambar 2.1 Garis-garis gaya listrik dari dua konduktor terisolasi yang memiliki muatan sama besar namun berlawanan tanda yaitu  $+q$  dan  $-q$  (Sumber: Halliday *et al.*, 1916).

Gambar 2.1, menggambarkan sebuah kapasitor yang terdiri dari dua buah konduktor yang memiliki muatan sama besar tetapi berlawanan tanda yaitu  $+q$  dan  $-q$ . Kedua konduktor tersebut disebut dengan pelat. Jika bentuk geometri pelat diabaikan, maka dapat diasumsikan bahwa setiap pelat memiliki besar potensial listrik yang sama. Adanya potensial listrik ini menyebabkan adanya garis-garis gaya listrik/medan listrik dari  $+q$  menuju ke  $-q$  sehingga mengakibatkan adanya beda potensial di antara kedua pelat tersebut. Besar beda potensial ( $V$ ) dan muatan ( $q$ ) pada kapasitor memiliki nilai sebanding, sehingga didapatkan persamaan:

$$C_0 = \frac{q}{V} \quad (2.5)$$

Dimana merupakan nilai kapasitansi dari kapasitor. Nilai kapasitansi ini dipengaruhi oleh bentuk dan keadaan relatif dari pelat seperti dimensi pelat dan jarak antar pelat. Berdasarkan persamaan (2.5) satuan dari kapasitansi adalah *coulomb/volt*, akan tetapi dalam satuan SI nilai kapasitansi dinyatakan dalam *Farad (F)*.

Berdasarkan bentuk geometri konduktornya, kapasitor dapat dibedakan menjadi kapasitor bola, kapasitor silinder dan kapasitor pelat sejajar (Halliday *et al.*, 1916).

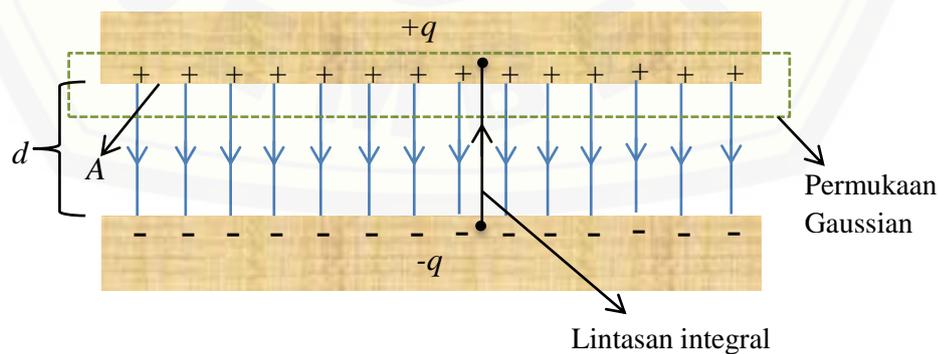


Gambar 2.2 Simbol kapasitor (sumber: Halliday *et al.*, 1916)

Gambar 2.2 merupakan simbol kapasitor yang umum digunakan pada desain suatu rangkaian.

## 2.6 Kapasitor Pelat Sejajar

Kapasitor pelat sejajar merupakan kapasitor yang terdiri dari dua buah pelat logam/konduktor yang disusun secara paralel dan dipisahkan oleh jarak sebesar  $d$ . Kedua pelat logam ini umumnya dipisahkan oleh udara atau material isolator lainnya (Beiser, 1962). Logam merupakan bahan yang memiliki kemampuan daya hantar arus listrik dengan baik. Sifat listrik terpenting dari logam adalah konduktivitas listrik, dimana logam memiliki konduktivitas listrik yang tinggi karena elektron yang terdapat di dalam logam dapat bergerak dengan mudah sehingga logam mempunyai daya hantar arus listrik yang baik atau disebut sebagai material konduktor (Umar, 2008).



Gambar 2.3 Kapasitor pelat sejajar yang memiliki muatan  $+q$  dan  $-q$  (Sumber: Halliday *et al.*, 2003)

Gambar 2.3 merupakan sebuah kapasitor pelat sejajar yang memiliki luas penampang  $A$  dan dipisahkan oleh jarak sejauh  $d$ . Ketika kapasitor dihubungkan dengan sumber tegangan, maka di antara kedua pelat tersebut terdapat beda potensial sehingga didapatkan muatan  $q$  yang berlawanan tanda yaitu  $+q$  pada salah satu pelat dan  $-q$  pada pelat lainnya (Halliday *et al.*, 2003). Jika jarak antar pelat ( $d$ ) pada kapsitor memiliki nilai jauh lebih kecil dibandingkan dengan dimensi pelat, maka medan listrik  $\vec{E}$  di antara kedua pelat tersebut akan seragam (Halliday dan Resnick, 1997). Hubungan medan listrik  $\vec{E}$  di antara muatan di dalam pelat kapasitor dapat dituliskan menggunakan hukum Gauss sebagai berikut:

$$q = \epsilon_0 \oint \vec{E} \cdot d\vec{A} \quad (2.6)$$

Dimana  $q$  adalah muatan yang dilingkupi oleh permukaan Gauss dan  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A}$  adalah fluks listrik yang melewati permukaan pelat. Permukaan Gaussian merupakan semua permukaan yang dikenai/dilewati oleh fluks listrik. Pada keadaan tersebut medan listrik  $\vec{E}$  akan mempunyai nilai  $E$  yang sama dan vektor  $\vec{E}$  dan  $d\vec{A}$  akan mempunyai arah yang sejajar sehingga persamaan (2.6) dapat disederhanakan menjadi seperti berikut:

$$q = \epsilon_0 EA \quad (2.7)$$

$A$  merupakan permukaan Gaussian yang dilewati fluks listrik. Sedangkan beda potensial di antara kedua pelat yang dihasilkan karena adanya sumber tegangan yang diberikan pada pelat kapsitor dapat dinyatakan menggunakan persamaan hubungan antara beda potensial dan medan listrik  $\vec{E}$  sebagai berikut:

$$V_f - V_i = -\int_i^f \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.8)$$

Pada lintasan di dalam Gambar 2.3, vektor  $\vec{E}$  dan  $d\vec{s}$  memiliki arah yang berlawanan sehingga  $\vec{E} \cdot d\vec{s}$  akan sebanding dengan  $-E ds$ . Oleh karena itu, persamaan (2.8) dapat dituliskan menjadi:

$$V = \int_{-}^{+} E ds \quad (2.9)$$

Pada kapasitor pelat sejajar yang memiliki jarak antar pelat sebesar  $d$ , persamaan (2.9) dapat dituliskan menjadi:

$$V = \int_{-}^{+} E ds = E \int_0^d ds = E d \quad (2.10)$$

$E$  merupakan sebuah besaran medan listrik, dimana  $E = \frac{q}{\epsilon_0 A}$ , sehingga persamaan (2.10) dapat dituliskan menjadi:

$$V = \frac{qd}{\epsilon_0 A} \quad (2.11)$$

Jika persamaan (2.11) disubstitusikan ke relasi  $C = \frac{q}{V}$ , maka akan didapatkan persamaan kapasitansi pelat sejajar sebagai berikut:

$$C_0 = \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.12)$$

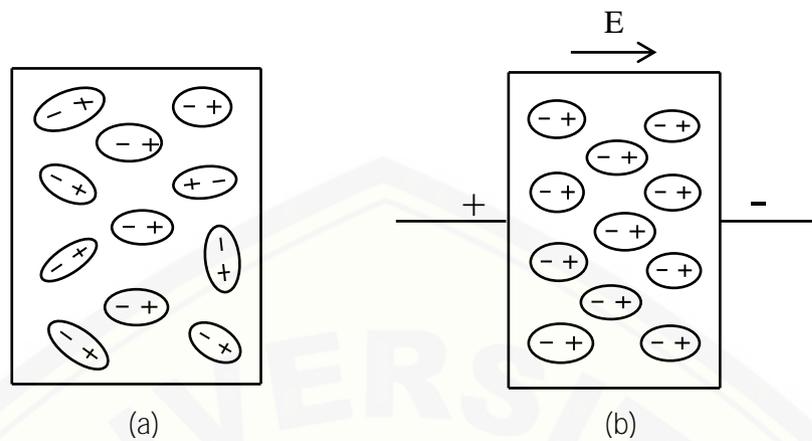
merupakan kapasitansi kapasitor pelat sejajar ketika di antara kedua pelat tidak terdapat bahan dielektrik atau dianggap vakum (Halliday *et al.*, 2003). Ditinjau dari persamaan (2.12), dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitansi kapasitor dipengaruhi oleh luas pelat ( $A$ ) dan jarak antar pelat ( $d$ ). Selain itu, nilai kapasitansi dapat dipengaruhi oleh adanya penambahan bahan-bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor. Adanya penambahan bahan dielektrik ini akan

menyebabkan persamaan (2.12) jadi memiliki konstanta sebesar  $\epsilon$  yang disebut sebagai konstanta dielektrik.

## 2.7 Dielektrik

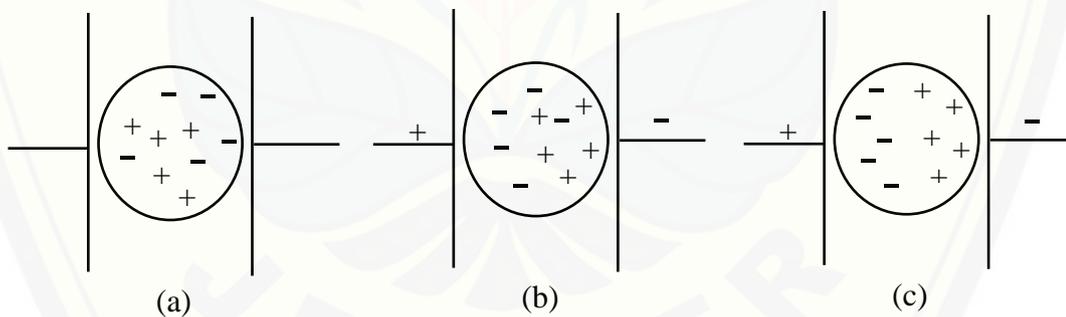
Pada tahun 1837, Michael Faraday melakukan penelitian tentang pengaruh pengisian ruang di antara pelat kapasitor dengan menggunakan bahan dielektrik. Faraday menggunakan dua kapasitor yang identik, dimana salah satu kapasitor diberi suatu bahan dielektrik di antara kedua pelatnya, sedangkan kapasitor yang lain di antara kedua pelatnya berisi udara pada tekanan normal. Kedua kapasitor tersebut diberi potensial listrik yang besarnya sama, namun setelah diukur muatan pada kapasitor yang mengandung bahan dielektrik jauh lebih besar dari pada muatan pada kapasitor yang mengandung udara. Hal ini menunjukkan bahwa adanya penambahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor dapat meningkatkan nilai kapasitansi kapasitor (Hayt dan Buck, 2006).

Dielektrik adalah bahan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik atau disebut juga sebagai material non-konduktor. Contoh dari bahan dielektrik adalah mika, ketas, udara dan lain-lain. Bahan dielektrik umumnya digunakan untuk memisahkan dua buah pelat sejajar pada kapasitor (Surya, 2009). Jika bahan dielektrik ditempatkan pada medan listrik, maka bahan tersebut akan mengalami polarisasi sehingga muatan positif dan muatan negatifnya akan terpisah. Muatan positif memiliki arah sesuai dengan arah medan listrik sedangkan muatan negatif memiliki arah yang berlawanan dengan arah medan listrik (Beiser, 1962). Gambar polarisasi bahan dielektrik akibat adanya medan listrik dapat dilihat pada Gambar 2.4 sebagai berikut:



Gambar 2.4 Distribusi muatan pada bahan dielektrik untuk molekul polar (a) Sebelum diberi medan listrik, (b) Setelah diberi medan listrik. (Sumber: Beiser, 1962)

Gambar 2.4 menunjukkan distribusi muatan pada bahan dielektrik yang memiliki molekul polar, ketika bahan tersebut sebelum dan sesudah diberi medan listrik. Sedangkan gambaran distribusi muatan untuk bahan dielektrik yang memiliki molekul non-polar ditunjukkan seperti Gambar 2.5 berikut.

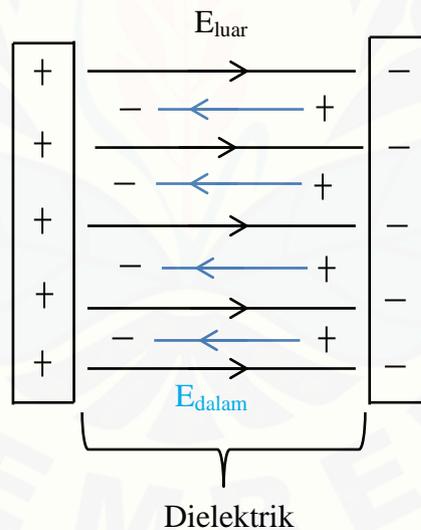


Gambar 2.5 Distribusi muatan pada bahan dielektrik untuk molekul non-polar (a) Tanpa medan listrik, (b) Medan listrik lemah, dan (c) Medan listrik kuat (Sumber: Beiser, 1962)

Berdasarkan Gambar 2.4 dan Gambar 2.5, terlihat bahwa untuk bahan dengan molekul polar maupun molekul non polar, sebelum diberi medan listrik susunan muatan di dalam atom berbentuk acak. Akan tetapi, setelah diberi medan listrik di dalam bahan tersebut (terdapat sumber tegangan), muatan-muatan di dalam atom akan mengalami pengkutuban atau terpolarisasi yaitu muatan positif bergerak

menuju sumber tegangan negatif (searah dengan arah medan listrik), sedangkan muatan negatif bergerak menuju ke sumber tegangan positif (berlawanan dengan arah medan listrik). Semakin besar medan listrik yang diaplikasikan pada bahan, maka muatan-muatan di dalam bahan akan terpolarisasi semakin sempurna.

Bahan dielektrik jika diletakkan di antara dua pelat konduktor yang disusun secara paralel dan diberi medan listrik maka akan menghasilkan medan listrik yang arahnya berlawanan dengan arah medan listrik luar. Hal ini mengakibatkan intensitas medan serta beda potensial di antara kedua pelat akan berkurang. Pengaruh dari bahan dielektrik terhadap kapasitansi kapasitor bergantung pada konstanta dielektrik  $\epsilon_r$ . Medan di dalam dielektrik akan direduksi oleh faktor  $1/\epsilon_r$  sehingga kapasitansi kapasitor akan meningkat sebesar  $\epsilon_r$ . Berikut gambar bahan dielektrik yang berada di antara kapasitor pelat sejajar:



Gambar 2.6 Permukaan induksi muatan pada dielektrik (Sumber: Tobing 1996)

Selain konstanta dielektrik, pada bahan dielektrik juga memiliki kekuatan dielektrik yang menunjukkan medan listrik maksimum yang dapat dipertahankan tanpa penurunan listrik oleh dielektrik (Tobing, 1996).

Penambahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor dapat menaikkan nilai kapasitansi kapasitor. Jika bahan dielektrik tersebut dengan tepat mengisi ruang antar kedua pelat kapasitor, maka beda potensial di antara kedua pelat kapasitor akan tereduksi sebesar  $\frac{1}{\kappa}$ , sehingga kapasitansi kapasitor tersebut akan meningkat sebesar  $\kappa$  dari kapasitansi semula.  $\kappa$  merupakan konstanta dielektrik atau disebut juga sebagai permitivitas relatif (Tobing, 1996). Konstanta dielektrik ini menunjukkan ukuran seberapa efektif kemampuan suatu bahan untuk melawan efek medan listrik yang mengenai bahan tersebut (Beiser, 1962). Dalam Tobing (1996), kapasitor yang mula-mula memiliki kapasitansi kapasitor sebesar  $C_0$  (sebelum diberi bahan dielektrik), maka setelah diberi penambahan bahan dielektrik kapasitansinya menjadi:

$$C = \kappa C_0 \quad (2.13)$$

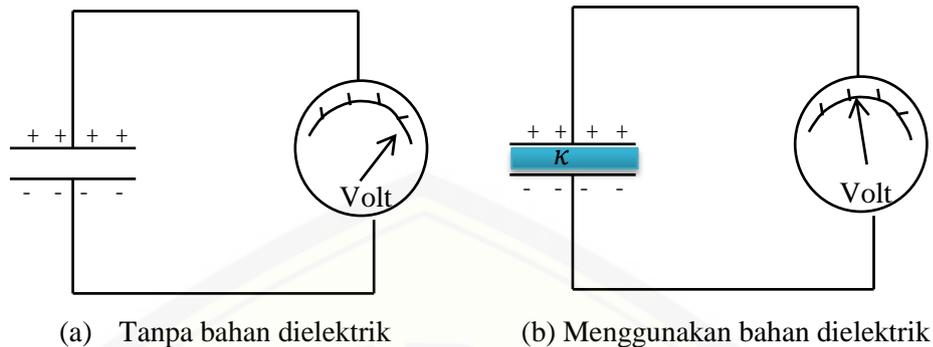
Atau,

$$C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d} \approx \epsilon_r \frac{\epsilon_0 A}{d} \quad (2.14)$$

Keterangan:

- = Kapasitansi menggunakan bahan dielektrik ( $F$ )
- = Kosntanta dielektrik
- = Konstanta elektrostatik pada Hukum Coulomb ( $8,854 \times 10^{-12} F/m$ )
- = Luas penampang pelat ( $m^2$ )
- = Jarak antar pelat ( $m$ )

Peristiwa meningkatnya nilai kapasitansi kapasitor akibat adanya penamabahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor dapat diilustrasikan melalui Gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Perubahan beda potensial akibat adanya bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor (Sumber: Halliday *et al.*, 2003)

Gambar 2.7 menunjukkan bahwa adanya penambahan bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor akan mengakibatkan adanya perubahan nilai beda potensial listrik ( $V$ ) di antara kedua pelat kapasitor tersebut. Pada Gambar 2.7(a), ketika di antara kedua pelat kapasitor tidak terdapat bahan dielektrik (dianggap vakum) terlihat bahwa nilai beda potensialnya ( $V$ ) besar. Hal ini ditunjukkan melalui penyimpangan jarum pada voltmeter cukup besar. Selanjutnya, jika dibandingkan dengan Gambar 2.7(b), ketika di antara kedua pelat kapasitor diberi penambahan berupa bahan dielektrik terlihat bahwa nilai beda potensialnya ( $V$ ) lebih kecil, yang ditunjukkan dengan penyimpangan jarum pada voltmeter lebih kecil. Penurunan nilai beda potensial ( $V$ ) ini menyebabkan terjadinya peningkatan nilai kapasitansi kapasitor. Pernyataan tersebut sesuai dengan persamaan kapasitansi, yaitu  $C = Q/V$ . Apabila nilai beda potensial ( $V$ ) semakin kecil sebagai akibat adanya bahan dielektrik di antara kedua pelat kapasitor, maka nilai kapasitansi kapasitor yang dihasilkan akan semakin besar. Contoh nilai konstanta dielektrik dari berbagai bahan dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Nilai konstanta dielektrik berbagai bahan

Bahan	Konstanta dielektrik	Kekuatan dielektrik (kV/mm)
Vakum	1 (exact)	
Udara (1 atm)	1,00054	3
Air	80,4	-
Air	78,5	-
Ruby mika	5,4	160
Porselen	6,5	4
Paper	3,5	16
Gelas pirex	4,7	14
Polistiren	2,6	24
Silikon	12	-
Germanium	16	-
Etanol	25	-
Minyak transformator	4,5	12
Titania keramik	130	-
Strontium titanat	310	-

Sumber: Halliday *et al.* (2003).

## 2.8 Kapasitor Dalam Rangkaian AC

Kapasitor merupakan salah satu komponen pada rangkaian listrik yang dapat menyimpan dan melepas energi listrik berupa muatan-muatan listrik dalam bentuk medan listrik. Pada saat dihubungkan dengan sumber tegangan, kapasitor akan terisi dengan muatan-muatan listrik. Peristiwa ini disebut sebagai proses pengisian (*charging*). Setelah proses pengisian kapasitor penuh (kapasitor telah termuati oleh muatan sebesar  $C$ ), kapasitor akan menghentikan arus listrik di dalamnya sehingga rangkaian listrik akan bersifat *open*. Pada saat sumber tegangan pada rangkaian dimatikan, maka kapasitor dapat bersifat sebagai sumber tegangan dalam suatu rangkaian dengan cara melepaskan muatan listrik yang tersimpan di dalam kapasitor ke dalam rangkaian dan peristiwa ini disebut sebagai *discharging* (Johanson, Tanpa Tahun).

Kapasitor yang dihubungkan dengan tegangan sinusoidal (arus AC) akan menghasilkan tegangan sinus ( $v$ ) sebagai berikut:

$$(2.15)$$

Sedangkan besar arus yang mengalir pada rangkaian tersebut adalah:

$$i = C \frac{dv}{dt} \quad (2.16)$$

Dimana  $v = V \cos \omega t$ , sehingga persamaan (2.16) menjadi:

$$i = \frac{V}{1/\omega C} \cos \omega t \quad (2.17)$$

adalah frekuensi angular. Dengan membandingkan persamaan (2.15) dan (2.17) terlihat bahwa, ketika arus telah mencapai harga maksimum maka tegangan sinus masih bernilai nol. Hal ini menunjukkan bahwa pada rangkaian kapasitor dengan menggunakan arus bolak-balik, fasa tegangan tertinggal  $90^0$  terhadap fasa arus sehingga besar arus yang terdapat pada kapasitor menjadi:

$$I = \frac{V}{1/\omega C} \quad (2.18)$$

Besaran  $1/\omega C$  disebut sebagai reaktansi kapasitif yang dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad (2.19)$$

Dimana,  $\omega = 2\pi f$ , sehingga persamaan (2.19) menjadi:

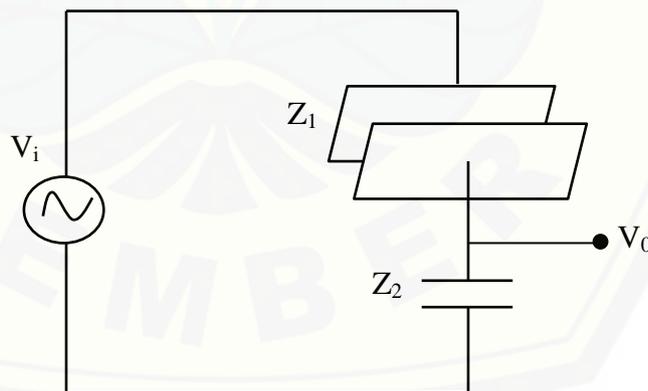
$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.20)$$

$f$  adalah frekuensi ( $Hz$ ),  $C$  adalah kapasitansi kapasitor ( $Farad$ ) dan  $\omega$  adalah konstanta yang nilainya 3,14. Reaktansi kapasitif merupakan hambatan yang timbul pada kapasitor akibat dilewati arus bolak-balik sehingga satuan dari reaktansi adalah  $ohm$  ( $\Omega$ ) (Subekti, 2003).

Pada suatu rangkaian listrik yang menggunakan arus bolak-balik (AC), sebuah kapasitor akan bersifat sebagai reaktansi kapasitif yang mempunyai nilai impedansi berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi kapasitor dan frekuensi. Impedansi merupakan kemampuan suatu rangkaian untuk menghambat arus listrik (Syafiar, 2005). Dalam Sutrisno (1986), impedansi dari suatu kapasitor dengan kapasitansi  $C$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Z_c = X_c = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C} \quad (2.21)$$

Dalam Soltani *et al.* (2010), kapasitor dalam rangkaian AC dapat digambarkan sebagai rangkaian sensor kapasitor yang terdiri dari kapasitor pelat sejajar ( $Z_1$ ) yang tersusun seri dengan kapasitor ( $Z_2$ ).



Gambar 2.8 Rangkaian sensor kapasitor (sumber: Soltani *et al.*, 2010)

Gambar 2.8 dapat disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan. Berdasarkan rangkaian di atas, didapatkan persamaan rangkaian sensor kapasitor sebagai berikut:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.22)$$

merupakan sumber tegangan yang berasal dari arus AC, adalah impedansi dari kapasitor pelat sejajar, adalah impedansi dari kapasitor dan merupakan output dari rangkaian. Nilai impedansi dan dari rangkaian pada Gambar 2.8 dapat dituliskan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Z_1 = \frac{1}{2\pi f C_1} \quad (2.23)$$

dan,

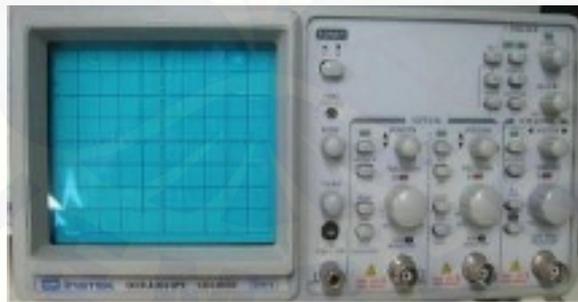
$$Z_2 = \frac{1}{2\pi f C_2} \quad (2.24)$$

## 2.9 Histerisis Pada Dielektrik

Pada bahan dielektrik, jika bahan tersebut diberi medan listrik luar maka akan mengakibatkan terjadinya polarisasi di dalam bahan. Adanya medan listrik yang diaplikasikan pada bahan tersebut menyebabkan atom-atom di dalam bahan mengalami pergeseran dan menimbulkan momen dipol listrik. Momen dipol ini nantinya menyebabkan terjadinya polarisasi di dalam bahan. Momen dipol per-satuan volume disebut sebagai polarisasi dielektrik (Anggraini dan Hikam dalam Istiqomah *et al.*, 2014). Kurva hubungan antara medan listrik luar dengan polarisasi yang dihasilkan dari bahan dielektrik disebut dengan kurva histerisis. Histerisis merupakan sifat yang dimiliki oleh suatu bahan, dimana bahan tersebut tidak secara cepat merespon gaya yang diberikan kepadanya, tetapi memberikan reaksi secara perlahan atau bahkan keadaan bahan tidak kembali lagi ke keadaan awal. Kurva histerisis hubungan antara kuat medan listrik ( $E$ ) dengan polarisasi dielektrik ( $P$ ) dapat ditunjukkan seperti Gambar 2.9 berikut:



melalui bentuk gelombang yang dihasilkan pada layar osiloskop. Selain itu, osiloskop juga dapat digunakan untuk mengukur besar tegangan listrik dan hubungannya terhadap waktu, membedakan arus AC (arus bolak-balik) dan arus DC (arus searah) serta mengecek noise pada sebuah rangkaian listrik dan hubungannya terhadap waktu. Pada osiloskop terdapat beberapa jenis gelombang yang dapat diperlihatkan pada layar *display*, diantaranya gelombang sinusoidal, gelombang blok, gelombang gergaji dan gelombang segitiga. Gelombang sinusoidal dihasilkan dari suatu rangkaian yang menggunakan arus bolak-balik (AC). Terdapat dua jenis osiloskop yaitu osiloskop analog dan osiloskop digital. Osiloskop analog merupakan osiloskop yang memanfaatkan tegangan yang diukur untuk menggerakkan berkas elektron dalam tabung sinar katoda sehingga bentuk gelombang dapat diamati pada layar *display*. Sedangkan osiloskop digital merupakan osiloskop yang dapat mencuplik bentuk gelombang yang diukur dan dengan menggunakan ADC (*Analog to Digital Converter*) dapat mengubah besaran tegangan menjadi besaran digital. Gambar 2.10 menunjukkan gambar osiloskop analog:



Gambar 2.10 Osiloskop analog

Gambar 2.10 merupakan osiloskop analog yang terdiri dari dua bagian utama yaitu *display* dan panel kontrol. *Display* merupakan layar yang digunakan sebagai tempat sinyal uji ditampilkan. Pada layar ini terdapat garis-garis melintang secara vertikal dan horizontal yang disebut *div*. Garis horizontal mewakili sumbu waktu dan garis vertikal mewakili sumbu tegangan. Sedangkan panel kontrol berisi

tombol-tombol yang bisa digunakan untuk menyesuaikan tampilan pada layar *display*. Pada umumnya osiloskop terdiri dari dua kanal/channel yang bisa digunakan untuk melihat dua sinyal yang berlainan yaitu channel *CH1* dan channel *CH2* (Gunawan, 2011).



Gambar 2.11 Panel kontrol pada osiloskop

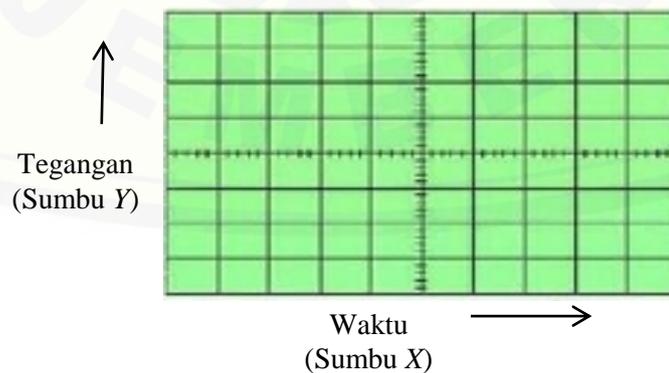
Dalam Gunawan (2011), tombol-tombol pada panel kontrol osiloskop yang terdapat dalam gambar di atas antara lain:

- Focus* : Digunakan untuk mengatur fokus
- Power* : Untuk menghidupkan dan mematikan osiloskop
- Intensity* : Untuk mengatur kecerahan garis yang ditampilkan dilayar
- Trace rotation* : Mengatur kemiringan garis sumbu  $Y = 0$  pada layar
- Volt/div* : Mengatur nilai tegangan yang diwakili oleh 1 *div* pada layar
- Time/div* : Mengatur besar nilai waktu yang diwakili oleh 1 *div* pada layar
- X-Position* : Mengatur posisi normal sumbu *X* (ketika tidak ada sinyal masukan)
- Y-Position* : Mengatur posisi normal sumbu *Y* (ketika tidak ada sinyal masukan)
- Ground* : Digunakan untuk melihat posisi *ground* pada layar
- AC/DC* : Untuk mengatur sinyal yang dapat dilewatkan yaitu sinyal AC atau sinyal DC

- Layar : Menampilkan bentuk gelombang input dan output  
Trigger : Untuk trigger dari luar  
CAL  $2 V_{p-p}$  : Kalibrasi awal sebelum osiloskop digunakan  
Channel CH1 : Terminal masukan/ terminal gelombang input dari rangkaian  
Channel CH2 : Terminal masukan/ terminal gelombang output dari rangkaian

Prinsip kerja dari osiloskop analog yaitu menggunakan tabung sinar katoda (*Cathode Ray Tube*). Osiloskop analog menggunakan tegangan yang diukur untuk menggerakkan berkas elektron dalam tabung sinar katoda sehingga pada layar osiloskop langsung ditampilkan bentuk gelombang tersebut. Pada osiloskop analog bentuk gelombang listrik digambarkan pada layar osiloskop dihasilkan melalui gerakan pancaran elektron (*electron beam*) dalam sebuah tabung sinar katoda (*Cathode Ray Tube*) (Gunawan, 2011).

Pada layar osiloskop terdapat garis-garis yang melintang ke arah vertikal dan arah horizontal. Garis-garis tersebut membentuk sebuah kolom dan baris, dimana pada layar osiloskop terdiri dari 8 baris (pada sumbu *X*) dan 10 kolom (pada sumbu *Y*). Kotak-kotak yang membentuk baris dan kolom ini disebut sebagai *div* dimana 1 kotak memiliki nilai 1 *div*. Tiap 1 *div* terdapat skala yang lebih kecil dan setiap satu satuan skala tersebut mewakili nilai 0,2 *div*. Berikut tampilan dari layar osiloskop:

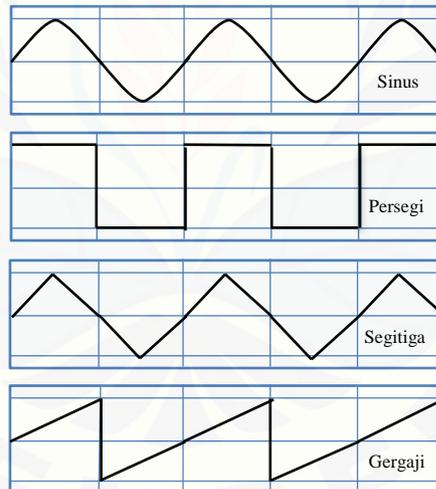


Gambar 2.12 Layar osiloskop (sumber: Gunawan, 2011)

Pada Gambar 2.12, sumbu  $Y$  merepresentasikan besaran tegangan ( $V$ ) sedangkan sumbu  $X$  merepresentasikan waktu ( $t$ ). Jumlah tombol yang terdapat pada panel kontrol digunakan untuk mengubah nilai skala-skala dari gelombang yang dihasilkan pada layar osiloskop.

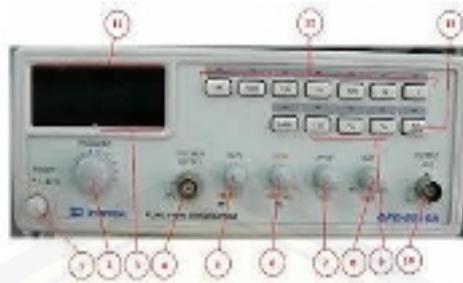
### 2.11 Function Generator

*Function generator* merupakan alat elektronik yang digunakan untuk menghasilkan gelombang/sinyal dengan frekuensi dan amplitudo yang dapat diatur mulai dari hertz ( $Hz$ ) sampai megahertz ( $MHz$ ). Gelombang yang dapat dihasilkan oleh alat ini bermacam-macam, diantaranya gelombang sinus, kotak, persegi dan gergaji (Saroso, 2009). Keempat gelombang tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13 berikut.



Gambar 2.13 Macam-macam bentuk gelombang pada *function generator* (Sumber: Sasoro, 2009)

Sedangkan untuk gambar *function generator* beserta bagian-bagiannya dapat dilihat pada Gambar 2.14 sebagai berikut.



Gambar 2.14 Panel kontrol *function generator* (Sumber: Sasoro, 2009)

Menurut Sasoro (2009), fungsi dari beberapa panel kontrol pada *function generator* di atas dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel. 2.3 Fungsi panel kontrol pada *function generator*

No.	Panel kontrol	Fungsi
1.	Saklar daya ( <i>Power</i> )	Digunakan untuk meng-on/off kan <i>function generator</i>
2.	Pengatur frekuensi	Untuk mengatur frekuensi keluaran dalam rentang frekuensi yang telah ditentukan
3.	Indikator frekuensi	Menunjukkan nilai frekuensi yang digunakan
4.	Terminal Output TTL/CMOS	Terminal yang menghasilkan keluaran yang kompatibel dengan TTL/CMOS
5.	Duty kontrol	Untuk mengatur duty cycle gelombang
6.	Selektor TTL/CMOS	Untuk menghasilkan gelombang yang kompatibel dengan TTL (ketika tombol ditekan) dan untuk mengatur besarnya tegangan antara 5-15 Vpp, sesuai besarnya tegangan yang kompatibel dengan CMOS (ketika tombol ditarik)
7.	DC offset	Untuk memberikan offset (tegangan DC) pada frekuensi sinyal +/- 10 V
8.	Amplitudo output	Untuk mengatur amplitudo tegangan output yang diinginkan (output maksimal 20 dB)
9.	Selektor fungsi	Ketiga tombol tersebut digunakan untuk memilih bentuk gelombang output yang diinginkan
10.	Terminal output	Terminal yang mengeluarkan sinyal output utama
11.	<i>Counter display</i>	Tampilan nilai frekuensi dalam format 6×0, "
12.	Selektor range frekuensi	Untuk menentukan range frekuensi yang diinginkan
13.	Pelemahan 20 dB	Untuk mendapatkan output tegangan yang diperlemah sebesar 20 dB

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember. Penelitian telah dilakukan pada bulan Februari - Mei 2016, dengan observasi awal yang telah dilakukan pada bulan Agustus - November 2015.

### 3.2 Alat dan Bahan

#### 3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Kapasitansimeter CM8601A<sup>+</sup>
2. *Function generator GW-Instek GFG-8216A*
3. Osiloskop *GW-Instek GOS-622G*
4. pH meter digital
5. PCB (*Printed Circuit Board*) dengan dimensi 7 cm x 2,5 cm
6. Wadah transparan dengan dimensi 7 cm x 2,5 cm x 0,7 cm
7. Kabel Penghubung
8. Projectboard
9. Kapasitor

#### 3.2.2 Bahan

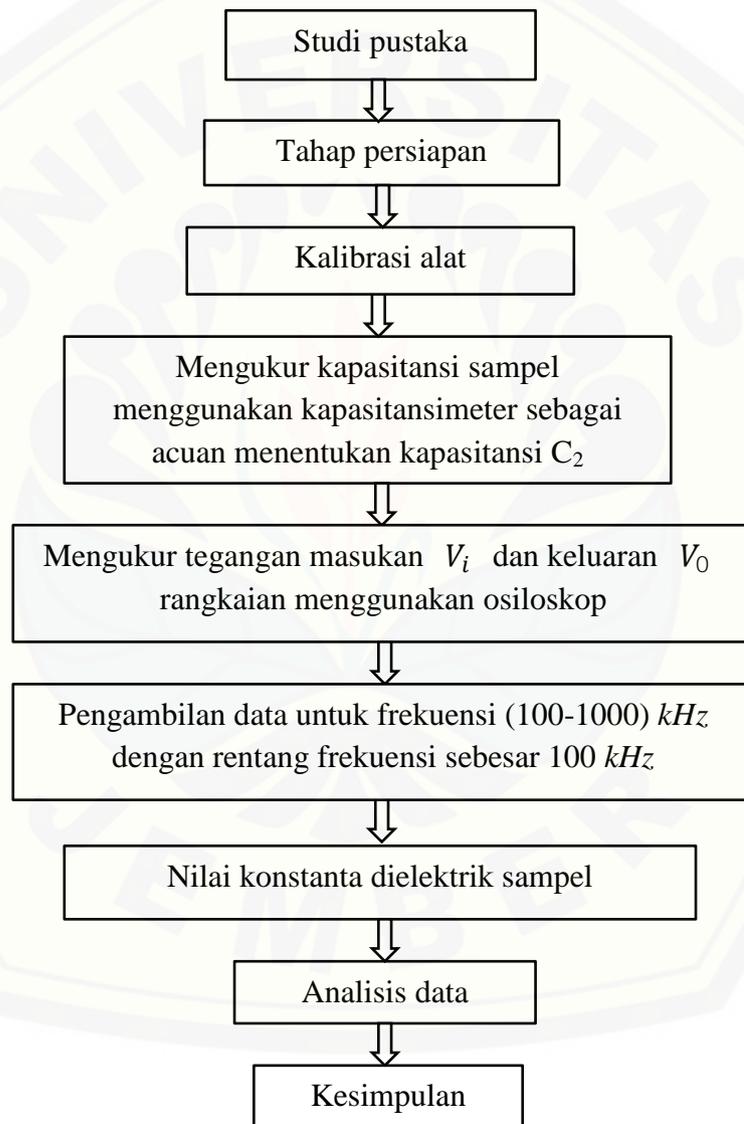
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Aquades
2. Larutan Cuka Putih
3. Larutan Cuka Apel
4. Larutan Cuka Beras Hitam

### 3.3 Rancangan Penelitian

#### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambaran umum dari alur penelitian pengukuran nilai konstanta dielektrik larutan cuka berdasarkan frekuensi sumber tegangan dengan menggunakan osiloskop adalah sebagai berikut:

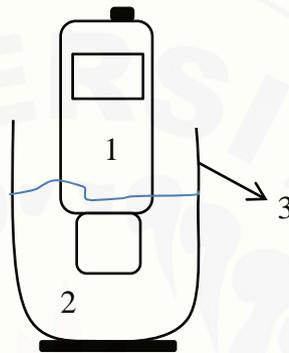


Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.3.2 Desain Alat Penelitian

Tahap awal dari penelitian ini yaitu dilakukan pengukuran pH larutan pada setiap sampel yang digunakan. Proses pengukuran pH larutan ditunjukkan seperti pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 berikut.

#### a. Desain peralatan pengukuran pH larutan cuka



Gambar 3.2 Desain alat ukur pH larutan cuka

Keterangan:

- 1 : pH meter digital
- 2 : Sampel penelitian
- 3: Wadah sampel penelitian

#### b. Gambar peralatan pengukuran pH larutan cuka



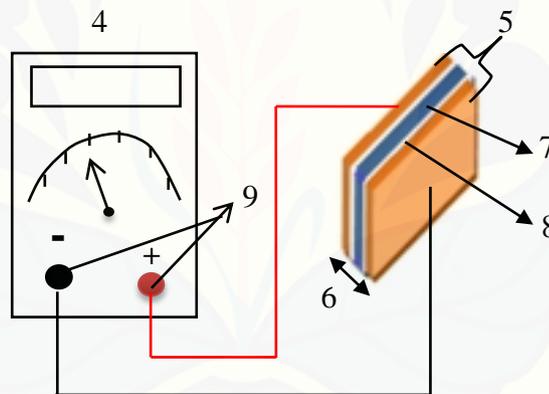
Gambar 3.3 Susunan peralatan pengukuran pH larutan cuka

Adapun keterangan dari masing-masing bagian pada Gambar 3.3 adalah sebagai berikut:

1. pH meter digital berfungsi sebagai alat untuk mengukur pH sampel penelitian
2. Sampel penelitian sebagai bahan yang diukur nilai pH-nya
3. Wadah sampel penelitian berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan bahan penelitian

Penelitian dilanjutkan dengan pengukuran nilai kapasitansi pada setiap sampel menggunakan kapasitansimeter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.

- a. Desain pengukuran kapasitansi larutan cuka

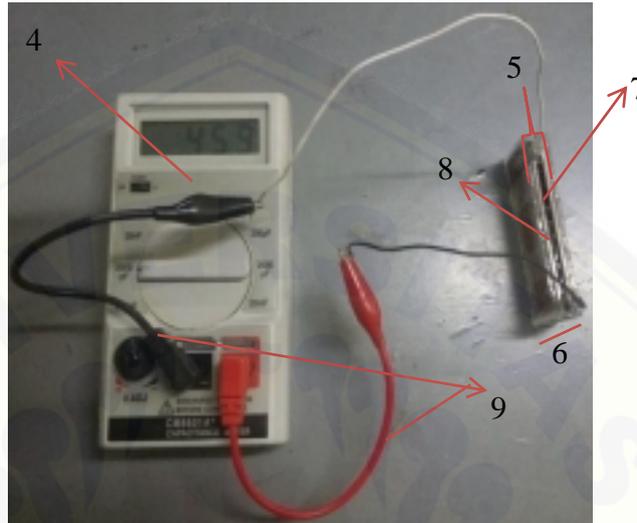


Gambar 3.4 Desain alat ukur kapasitansi larutan cuka

Keterangan:

- 4 : Kapasitansimeter CM8601A<sup>+</sup>
- 5 : Pelat PCB (*Printed Circuit Board*)
- 6 : Jarak antara pelat PCB (*Printed Circuit Board*)
- 7 : Sampel penelitian
- 8 : Isolasi
- 9 : Probe positif (warna merah) dan probe negatif (warna hitam)

b. Gambar peralatan pengukuran kapasitansi larutan cuka



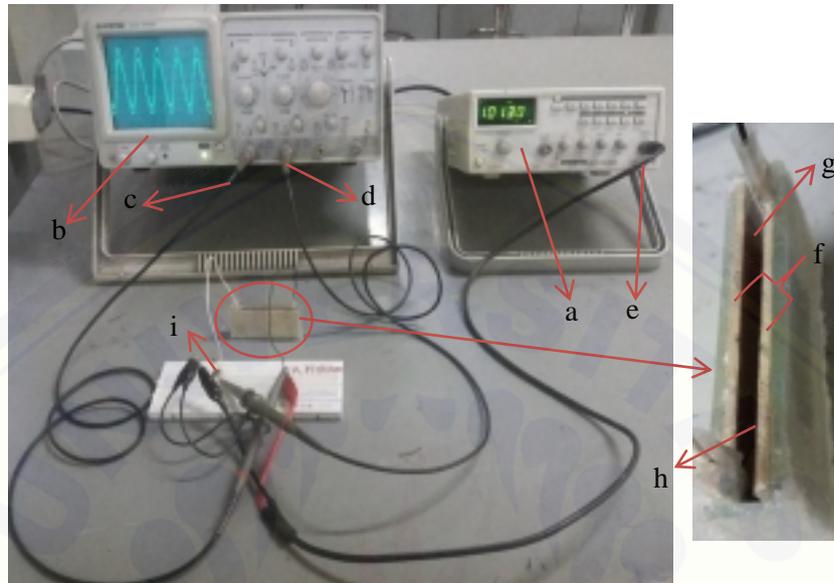
Gambar 3.5 Susunan peralatan pengukuran kapasitansi larutan cuka

Adapun keterangan dari masing-masing bagian pada Gambar 3.5 adalah sebagai berikut:

4. Kapasitansimeter CM8601A<sup>+</sup> berfungsi untuk mengukur nilai kapasitansi sampel penelitian
5. Pelat PCB (*Printed Circuit Board*) sebagai pelat konduktor pada kapasitor pelat sejajar
6. Jarak antara pelat PCB (*Printed Circuit Board*)
7. Sampel penelitian sebagai bahan yang diukur nilai kapasitansinya
8. Isolasi sebagai isolator antara pelat konduktor dengan sampel pada kapasitor pelat sejajar
9. Probe positif (warna merah) dan probe negatif (warna hitam) berfungsi untuk menghubungkan kapasitansimeter dengan kapasitor pelat sejajar



## b. Gambar peralatan pengukuran nilai konstanta dielektrik



Gambar 3.7 Susunan peralatan pengukuran nilai konstanta dielektrik

Keterangan dari masing-masing bagian pada Gambar 3.7 adalah sebagai berikut:

- a. *Function Generator GW-Instek GFG-8216A* sebagai sumber tegangan yang dapat diatur frekuensinya
- b. Osiloskop *GW-Instek GOS-622G* sebagai alat untuk mengamati gelombang input dan gelombang output rangkaian
- c. Probe *CHI* berfungsi untuk menampilkan gelombang input rangkaian
- d. Probe *CH2* berfungsi untuk menampilkan gelombang output rangkaian
- e. Output dari *function generator* yang berfungsi sebagai keluaran sumber tegangan berdasarkan jenis gelombang dan besar frekuensi yang telah ditentukan
- f. Pelat PCB (*Printed Circuit Board*) berfungsi sebagai pelat konduktor pada kapasitor pelat sejajar
- g. Sampel penelitian berfungsi sebagai bahan yang akan diukur nilai tegangan masukan dan keluarannya
- h. Isolasi berfungsi sebagai isolator antara pelat sejajar dengan sampel penelitian

- i. Kapasitor berfungsi sebagai komponen tambahan yang memiliki nilai kapasitansi ( $C_2$ ) sebanding dengan nilai kapasitansi pelat sejajar yang berisi sampel penelitian ( $C_1$ )

### 3.4 Tahap Persiapan

#### 3.4.1 Persiapan Bahan

Penelitian yang berjudul Pengukuran Nilai Konstanta Dielektrik Pada Bahan Cuka Berdasarkan Variasi Frekuensi Sumber Tegangan dengan Menggunakan Osiloskop diawali dengan mempersiapkan bahan penelitian berupa larutan cuka yang terdiri dari larutan Cuka Putih, Cuka Apel dan Cuka Beras Hitam. Ketiga sampel tersebut merupakan larutan cuka yang memiliki konsentrasi awal sebesar 5%. Kemudian dari ketiga sampel tersebut dilakukan variasi konsentrasi sebesar 3,3% dan 1,6%. Variasi konsentrasi didapatkan melalui proses pengenceran dari konsentrasi awal 5% tersebut dengan menambahkan sejumlah pelarut berupa aquades pada masing-masing sampel yang digunakan sehingga didapatkan volume zat pelarut yang lebih besar (konsentrasi larutan cuka yang lebih rendah). Sementara itu, untuk menentukan besarnya volume aquades yang ditambahkan pada proses pengenceran agar didapatkan konsentrasi 3,3% dan 1,6% dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$V_2 = \frac{V_1 \times N_1}{N_2} \quad (3.1)$$

$V_2$  merupakan volume larutan cuka yang akan diambil untuk proses pengenceran ( $ml$ ),  $V_1$  adalah jumlah volume larutan cuka yang akan dibuat ( $ml$ ),  $N_2$  adalah konsentrasi awal dari larutan cuka (5%) dan  $N_1$  adalah konsentrasi larutan cuka yang diinginkan (%). Selanjutnya untuk menentukan volume aquades yang harus ditambahkan pada proses pengenceran tersebut dapat ditentukan dengan persamaan:

$$V_{aquades} = V_1 - V_2 \quad (3.2)$$

### 3.4.2 Kalibrasi

Kalibrasi alat bertujuan untuk mengetahui kelayakan fungsi alat. Alat ukur besaran listrik seperti pH meter, kapasitansimeter dan osiloskop sangat perlu dikalibrasi untuk meningkatkan tingkat presisi dari alat tersebut. Pada penelitian ini, alat yang harus dikalibrasi adalah pH meter digital, kapasitansimeter dan osiloskop. Setelah itu, rangkaian sensor kapasitor yang digunakan pada pengukuran nilai konstanta dielektrik dikalibrasi dengan menggunakan aquades.

Kalibrasi pH meter digital dilakukan dengan menggunakan dua larutan buffer yang memiliki nilai pH 6,86 dan 4,00 pada temperatur  $0^{\circ}C$ , yaitu dengan cara memasukkan pH meter pada salah satu larutan buffer tersebut seperti pada Gambar 3.3. Jika pH meter sudah menunjukkan nilai pH larutan yang di uji dan apabila nilai tersebut tidak sesuai dengan nilai pH larutan yang digunakan, maka hasil yang tertera pada pH meter tersebut harus disesuaikan dengan nilai pH larutan yang digunakan yaitu 6,86. Kemudian langkah tersebut diulangi menggunakan larutan buffer kedua dengan nilai pH 4,00. Setelah kalibrasi pH meter digital, selanjutnya dilakukan kalibrasi kapasitansimeter.

Kalibrasi kapasitansimeter dilakukan dengan cara menyusun peralatan seperti pada Gambar 3.5, yaitu kapasitor pelat sejajar digantikan dengan komponen kapasitor sebesar  $1 \mu F$  atau  $100 pF$ . Ketika kapasitansimeter telah menunjukkan nilai kapsitansi dari kapasitor tersebut, maka hasil yang tertera pada kapasitansimeter disesuaikan dengan besar kapasitor yang digunakan yaitu  $1 \mu F$ . Kemudian langkah tersebut diulangi menggunakan kapasitor kedua dengan nilai  $100 pF$ . Setelah kalibrasi kapasitansimeter selesai, selanjutnya dilakukan kalibrasi osiloskop.

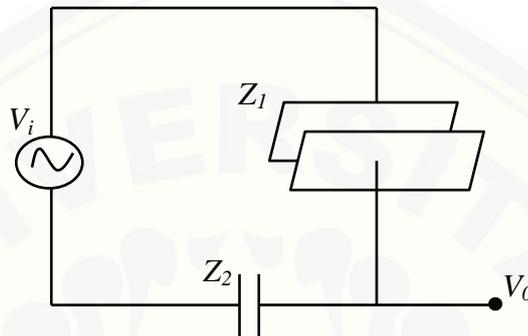
Kalibrasi osiloskop dilakukan dengan tahap awal menyalakan osiloskop dan memunculkan garis horisontal dari *CH1* dan *CH2* pada layar osiloskop. *CH1*

menunjukkan gelombang input sedangkan *CH2* menunjukkan gelombang output. Setelah itu, *volt/div* dari *CH1* dan *CH2* diatur pada 1 *volt/div*. Kemudian probe positif dari *CH1* dan *CH2* dihubungkan ke *CAL*  $2V_{p-p}$  dan diamati masing-masing nilai  $V_{p-p}$  (tegangan peak to peak) gelombang yang dihasilkan oleh *CH1* dan *CH2* pada layar osiloskop. Jika  $V_{p-p}$  yang dihasilkan dari masing-masing *CH1* dan *CH2* kurang dari 2 *Volt*, maka nilai  $V_{p-p}$  dari gelombang tersebut harus diatur sampai menghasilkan 2 *Volt* dengan menggunakan tombol VAR. Beberapa bagian dari osiloskop yang perlu diatur adalah fokus, intensitas, kemiringan, *x position* dan *y position*. Setelah melakukan kalibrasi osiloskop, selanjutnya dilakukan kalibrasi pada rangkaian sensor kapasitor dimana rangkaian ini merupakan rangkaian yang digunakan dalam pengambilan data penelitian.

Pada rangkaian sensor kapasitor, kalibrasi dilakukan dengan menggunakan aquades yang ditempatkan di antara kedua pelat pada kapasitor pelat sejajar. Tahap awal dari kalibrasi ini yaitu mengukur kapasitansi dari kapasitor pelat sejajar yang berisi aquades dengan menggunakan kapasitansimeter seperti pada Gambar 3.5. Hasil dari pengukuran tersebut selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai kapasitansi kapasitor tambahan ( $C_2$ ). Setelah itu, peralatan disusun seperti Gambar 3.7. Sumber tegangan yang diberikan pada rangkaian sensor kapasitor berupa sumber arus AC dengan tegangan sebesar 22 *Volt*. Hasil dari pengukuran ini yaitu didapatkan nilai tegangan input dan tegangan output  $V_0$  dari rangkaian yang selanjutnya digunakan untuk menentukan nilai konstanta dielektrik aquades. Nilai konstanta dielektrik aquades yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan nilai konstanta dielektrik aquades pada referensi yaitu sebesar 78. Jika nilai konstanta dielektrik aquades yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran mendekati nilai konstanta dielektrik aquades pada referensi, maka alat sensor kapasitor tersebut dapat digunakan pada penelitian ini.

### 3.5 Skema Rangkaian Alat Ukur Konstanta Dielektrik

Berikut skema rangkaian yang digunakan pada pengukuran nilai konstanta dielektrik larutan cuka dengan memanfaatkan prinsip sensor kapasitor.



Gambar 3.8 Desain rangkaian sensor kapasitor

Gambar 3.8 dapat disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan dengan persamaan:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (3.3)$$

Dimana merupakan sumber tegangan yang berasal dari arus AC,  $V_o$  merupakan output dari rangkaian dan  $Z_1$  adalah impedansi dari kapasitor pelat sejajar yang berisi bahan dielektrik berupa larutan cuka, dimana nilai impedansi dapat diperoleh dari persamaan berikut:

$$Z_1 = X_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} \quad (3.4)$$

karena merupakan nilai kapasitansi kapasitor pelat sejajar, maka nilai kapasitansi yang dihasilkan tersebut dipengaruhi oleh luas pelat dan jarak

antar pelat . Sehingga nilai dapat dituliskan dengan persamaan kapasitansi sebagai berikut:

$$C_1 = \frac{\kappa \varepsilon_0 A}{d} \quad (3.5)$$

Sedangkan  $Z_2$  adalah impedansi dari kapasitor yang memiliki nilai kapasitansi . Nilai impedansi  $Z_2$  diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$Z_2 = X_{C_2} = \frac{1}{2\pi f C_2} \quad (3.6)$$

Dimana merupakan frekuensi yang nilainya diatur dari  $100 \text{ kHz} - 1000 \text{ kHz}$  dengan rentang frekuensi sebesar  $100 \text{ kHz}$ . Selanjutnya, dengan mensubstitusikan persamaan (3.4), (3.5) dan (3.6) ke dalam persamaan (3.3) akan didapatkan persamaan konstanta dielektrik larutan cuka sebagai berikut:

$$\kappa = \frac{dC_2}{\left(\frac{1}{V_0/V_i} - 1\right) \varepsilon_0 A} \quad (3.7)$$

### 3.6 Pengambilan Data

Pengambilan data penelitian dilakukan pada suhu ruang Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Jember yaitu sebesar  $^{\circ}$   $^{\circ}$  . Langkah pertama yang dilakukan yaitu alat disusun seperti Gambar 3.3 untuk mengukur nilai pH dari masing-masing larutan cuka yang digunakan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui nilai pH dari setiap sampel pada konsentrasi yang sama. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran nilai kapasitansi sampel penelitian seperti pada Gambar 3.5. Nilai kapasitansi yang di peroleh dari hasil pengukuran tersebut digunakan sebagai acuan untuk menentukan nilai kapasitansi kapasitor . Setelah itu, dilakukan

pengukuran nilai konstanta dielektrik dengan cara peralatan disusun seperti Gambar 3.7. Pengambilan data dilakukan dengan cara larutan cuka ditempatkan di antara kedua pelat pada kapasitor pelat sejajar sampai semua permukaan pelat tertutupi oleh larutan cuka. Pengukuran ini dilakukan pada frekuensi  $100\text{ kHz} - 1000\text{ kHz}$  dengan rentang frekuensi sebesar  $100\text{ kHz}$ . Hasil data dari pengukuran tersebut berupa nilai tegangan input dan tegangan output rangkaian yang digambarkan melalui gelombang sinusoidal pada layar osiloskop. Nilai  $V_{p-p}$  (tegangan peak to peak) dari gelombang yang dihasilkan oleh *CH1* dicatat sebagai nilai tegangan input dan nilai  $V_{p-p}$  dari gelombang yang dihasilkan oleh *CH2* dicatat sebagai nilai tegangan output. Pengambilan data ini dilakukan pada tiga jenis larutan cuka yaitu larutan Cuka Putih, larutan Cuka Apel dan larutan Cuka Beras Hitam dengan masing-masing sampel terdiri dari konsentrasi 5%; 3,3% dan 1,6%. Selanjutnya, data awal berupa nilai tegangan input dan output tersebut diolah dengan menggunakan persamaan (3.7) untuk mendapatkan nilai konstanta dielektrik larutan cuka. Sementara itu, ketika larutan cuka diberi variasi frekuensi mulai batas bawah hingga batas atas frekuensi dan kemudian diturunkan kembali mulai dari batas atas hingga batas bawah frekuensi maka akan membentuk kurva histerisis. Pengukuran pada setiap sampel ini dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali untuk mendapatkan hasil yang baik.

### 3.7 Analisis Data

Hubungan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik dari setiap jenis larutan cuka yang digunakan diidentifikasi melalui analisis regresi linier dan uji signifikansi (Anova) menggunakan SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) versi 22.0. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya hubungan dari kedua besaran tersebut. Hasil dari analisis tersebut yaitu didapatkan nilai koefisien korelasi yang menunjukkan kuat lemahnya hubungan frekuensi dengan nilai konstanta dielektrik sampel dan nilai koefisien determinasi yang

menunjukkan seberapa besar pengaruh kontribusi variabel bebas (frekuensi) terhadap variabel terikat (konstanta dielektrik). Sedangkan untuk uji signifikansi pada regresi linier dilakukan dengan menggunakan Anova berdasarkan hipotesis sebagai berikut:

1. Jika  $P\text{-value} > 5\%$ , maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
2. Jika  $P\text{-value} < 5\%$ , maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.

$H_0$  merupakan hipotesis null yang artinya tidak terdapat hubungan antara frekuensi dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka . Sedangkan  $H_1$  menunjukkan terdapat hubungan antara frekuensi dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka .

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian nilai konstanta dielektrik larutan cuka dengan menggunakan osiloskop yaitu pada konsentrasi yang sama, larutan Cuka Putih memiliki nilai pH paling kecil dan larutan Cuka Beras Hitam paling besar. Hal ini diduga karena adanya perbedaan komposisi kimia bahan yang menyebabkan terjadinya perbedaan nilai pH larutan. Semakin besar pH larutan cuka, semakin besar pula nilai konstanta dielektriknya ( ). Selanjutnya ketika larutan cuka diberi perlakuan berupa kenaikan frekuensi sumber tegangan, semakin besar frekuensi yang digunakan maka semakin kecil nilai konstanta dielektriknya ( ). Hal ini disebabkan karena kenaikan frekuensi sumber tegangan mengakibatkan osilasi medan listriknya semakin cepat sehingga momen dipol di dalam larutan cuka semakin berlawanan dengan arah medan listrik luar. Keadaan ini menyebabkan beda potensial semakin besar dan nilai konstanta dielektriknya semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, ketika frekuensi sumber tegangan diturunkan maka semakin besar nilai konstanta dielektriknya. Adanya hubungan kenaikan dan penuruna frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka ( ) mengakibatkan terjadinya kurva histerisis. Pada konsentrasi 5% dan 3,3% didapatkan hasil larutan Cuka Putih memiliki posisi histerisis paling banyak yaitu pada frekuensi (100-700)  $kHz$  untuk konsentrasi 5%; dan frekuensi (100-300 dan 700-900)  $kHz$  untuk konsentrasi 3,3%. Sedangkan lebar kurva histerisis paling besar pada konsentrasi yang sama secara umum dimiliki oleh larutan Cuka Beras Hitam yang memiliki pH paling besar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa larutan Cuka Putih memiliki posisi penyimpanan energi paling banyak, sedangkan larutan Cuka Beras Hitam memiliki kemampuan untuk menyimpan energi berupa nilai konstanta dielektrik ( ) paling besar.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan maka saran untuk penyempurnaan penelitian lebih lanjut tentang nilai konstanta dielektrik larutan cuka adalah:

1. Penggunaan osiloskop digital sehingga perubahan data nilai tegangan masukan ( ) dan keluaran rangkaian ( ) yang selanjutnya digunakan dalam penentuan nilai konstanta dielektrik sampel ( ) lebih akurat dibandingkan dengan menggunakan osiloskop analog.
2. Sampel penelitian diusahakan memiliki jenis yang lebih beragam dan konsentrasi yang lebih tinggi sehingga nilai pH larutan yang diteliti berdasarkan konsentrasi yang sama lebih beragam.
3. Perlu uji kimia untuk mengetahui komposisi kimia bahan secara lengkap dari masing-masing jenis larutan cuka yang digunakan.

**DAFTAR PUSTAKA**

**Buku**

- Beiser, A. 1962. *The Mainstream of Physics*. London: Addison-Wesley Publishing Company, INC.
- Fessenden, R. J. & Fessenden, J. S. 1997. *Dasar-Dasar Kimia Organik*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Halliday, D. & Resnick, R. *Fisika Edisi Ketiga Jilid 2*. Terjemahan Oleh Pantur Silaban dan Erwin Sucipto. 1997. Jakarta: Erlangga.
- Halliday, D., Resnick, R., dan Krane, K. S. 1916. *Physics 4<sup>th</sup> Edition Volume 2 Extended*. Amerika: John Wiley & Sons, Inc.
- Halliday, D., Resnick, R., dan Walker, J. 2003. *Fundamental of Physics 6<sup>th</sup> Edition*. Amerika: John Wiley & Sons, Inc.
- Hayt, W. H. & Buck, J.A. 2006. *Elektromagnetika*. Jakarta: Erlangga.
- Kamajaya. 1984. *Ringkasan Fisika Edisi Pertama*. Jawa Barat: Ganeca Exact Bandung.
- Noerdin, I. 1986. *Buku Materi Pokok 1 Larutan*. Jakarta: Universitas Terbuka.
- Subekti, A. 2003. *Elektronika Dasar*. Jember: Universitas Jember.
- Surya, Y. 2009. *Seri Bahan Persiapan Olimpiade Fisika Listrik dan Magnet*. Tangerang: PT Kandel.
- Sutrisno. 1986. *Elektronika Teori Dan Penerapannya*. Bandung: ITB.
- Syukri, S. 1999. *Kimia Dasar*. Bandung: ITB.
- Tobing, D. L. 1996. *Fisika Dasar 1*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Umar, E. 2008. *Buku Pintar Fisika*. Jakarta: Media Pusindo.

**Jurnal/Skripsi/Tesis**

- Istiqomah, M., Jamaluddin, A., dan Iriani, Y. 2014. Pembuatan Material Feroelektrik Barium Titanat ( $\text{BaTiO}_3$ ) Menggunakan Metode Solid State Reaction. *Jurnal Fisika Indonesia*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. ISSN 1410-2994. **18** (53): 59-61.
- Kacaribu, R. 2007. “Pengaruh Pelapisan Dielektrik Minyak Pada Dielektrik Plastik Terhadap Tegangan Tembus AC (Aplikasi Pada Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi Fakultas Teknik USU)”. Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara
- Nurika, I., dan Hidayat, N. 2001. Pembuatan Asam Asetat Dari Air Kelapa Secara Fermentasi Kontinyu Menggunakan Kolom Bio-Oksidasi (Kajian Dari Tinggi Partikel Dalam Kolom dan Kecepatan Aerasi). *Jurnal Teknologi Pertanian*. Malang: Universitas Brawijaya. **2** (1): 51-57.
- Rosita, F. N., Widodo, C. S., dan Sucipto. 2014. Kajian Pengaruh Campuran Lemak Babi Terhadap Konstanta Dielektrik Lemak Ayam Menggunakan Metode Dielektrik. *Jurnal Mahasiswa Fisika*. Malang: Universitas Brawijaya. **2** (1): 1-4.
- Saroso, D. H. (2009). “Desain Function Generator Berbasis PLD (FPGA)”. Skripsi. Depok: Universitas Indonesia.
- Setyani, N. F., Widodo, C. S., Dan Saroja, G. 2014. Studi Karakteristik Biolistrik Membran Telur Bebek Sebagai Bahan Dielektrik. *Jurnal Mahasiswa Fisika*. Malang: Universitas Brawijaya. **2** (1): 1-4.
- Soltani, M., Aliramdani, R., dan Omid, M. 2010. Prediction of Banana Quality During Ripening Stage Using Capacitance Sensing System. *Australian Journal Of Crop Science*. Iran: Department of Agricultural Machinery Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran. ISSN 1835-2707. **4** (6): 443-447.
- Syafiari, W. L. (2005). Mengukur Daya Reaktif dengan Kapasitor Pembantu. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. Medan: Universitas Sumatera Utara. **6** (5): 29-32.
- Triharto, D. P. 2010. “Studi Ketahanan Korosi Material SUS 316L, SUS 3217L, SUS 329J dan HC-276 dalam Larutan Asam Asetat yang Mengandung Ion Bromida”. Tesis. Depok: Universitas Indonesia.

**Internet**

Gunawan, P. N. 2011. Osiloskop. Makasar: Universitas Hasanudin. [serial online]. <https://ikabuh.files.wordpress.com/2012/02/tugas-osiloskop.pdf>. [18 November 2015].

Hardiningtyas, D., Ningdyah, W. K., dan Eunike, A. (2012). Larutan Kimia Industri. Malang: Universitas Brawijaya. [serial online]. <http://dewihardiningtyas.lecture.ub.ac.id/files/2012/03/3-KIMIN.pdf>. [18 April 2016].

Johanson. (Tanpa Tahun). Capacitive Sensing: Method And Application. Jakarta: Binus University. [serial online]. <http://comp-eng.binus.ac.id/files/2012/06/Sensor-Kapasitif-Johanson.pdf>. [22 Mei 2015].

Laboratorium Mikrobiologi Industri. (Tanpa Tahun). Asam Asetat. [serial online]. <http://lab.tekim.undip.ac.id/mikrobiologi/files/2012/03/ASAM-ASETAT1.pdf>. [27 Juni 2015].

**LAMPIRAN**

**Lampiran A. Komposisi Bahan Kimia Pada Larutan Cuka 5%**

**A.1 Komposisi Bahan Kimia Pada Larutan Cuka Putih (*Distilled White Vinegar*)**

Tabel A.1 Daftar komposisi bahan kimia pada larutan Cuka Putih (*Serving size: 1 Tbsp.15 ml*)

Komposisi	Amount Per Serving	% Daily Value*
Protein	0 g	
Total lemak	0 g	0 %
Lemak jenuh	0 g	0 %
Kolesterol	0 mg	0 %
Karbohidrat	0 g	0 %
Dietary Fibre	0 g	0 %
Sugar	0 g	
Sodium	0 g	

\*Nilai persen daily didasarkan pada 2000 kalori diet

**A.2 Komposisi Kimia Pada Larutan Cuka Apel (*Apple Cider Vinegar*)**

Tabel A.2 Daftar komposisi bahan kimia pada larutan Cuka Apel (*Serving size: 1 Tbsp.15 ml*)

Komposisi	Amount Per Serving
Protein	0 g
Total lemak	65 g
Lemak jenuh	20 g
Kolesterol	300 mg
Karbohidrat	0,3 g
Dietary Fibre	25 g
Sugar	0 g
Sodium	2,4 g

**A.3 Komposisi Kimia Pada Larutan Cuka Beras Hitam (*Black Rice Vinegar*)**

Tabel A.3 Daftar komposisi bahan kimia larutan Cuka Beras Hitam (*Serving size: 1 Tbsp.17 ml*)

Komposisi	Amount Per Serving
Energi	7 kcal
Protein	0,1 g
Total fat	0,0 g
Lemak jenuh	0,0 g
Kolesterol	0 mg
Karbohidrat	1,8 g
Dietary Fibre	0,0 g
Sodium	7,9 g

**Lampiran B. Kalibrasi Alat Penentuan Nilai Konstanta Dielektrik**

Tabel B.1 Kalibrasi alat penentuan nilai konstanta dielektrik

Bahan Dielektrik	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				Koreksi		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3					
Aquades	100	3,18	22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	78,000	78,000	78,000	78,000 ± 1,560	-0,914
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	68,977	68,977	68,977	68,977 ± 1,379	
	300		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	63,357	63,357	63,357	63,357 ± 1,267	
	400		22	22	22	22 ± 0,44	6,6	6,6	6,6	6,6 ± 0,13	60,656	60,656	60,656	60,656 ± 1,213	
	500		22	22	22	22 ± 0,44	6,4	6,4	6,4	6,4 ± 0,13	58,025	58,025	58,025	58,025 ± 1,161	
	600		22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	55,460	55,460	55,460	55,460 ± 1,109	
	700		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	800		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	900		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	900		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	52,960	52,960	52,960	52,960 ± 1,059	
	800		22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	55,460	55,460	55,460	55,460 ± 1,109	
	700		22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	55,460	55,460	55,460	55,460 ± 1,109	
	600		22	22	22	22 ± 0,44	6,4	6,4	6,4	6,4 ± 0,13	58,025	58,025	58,025	58,025 ± 1,161	
	500		22	22	22	22 ± 0,44	6,6	6,6	6,6	6,6 ± 0,13	60,656	60,656	60,656	60,656 ± 1,213	
	400		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	63,357	63,357	63,357	63,357 ± 1,267	
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	66,129	66,129	66,129	66,129 ± 1,323	
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	71,902	71,902	71,902	71,902 ± 1,438	
	100		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	78,000	78,000	78,000	78,000 ± 1,560	

\*

### Lampiran C. Proses Penentuan Nilai Koreksi

Pada pengukuran nilai konstanta dielektrik larutan cuka ini digunakan nilai koreksi sebesar -0,914. Nilai koreksi konstanta dielektrik ini dihasilkan karena adanya selisih antara nilai hasil pengukuran menggunakan osiloskop ( ) dengan nilai berdasarkan referensi ( ). Nilai koreksi tersebut merupakan nilai eror yang didapatkan dari rangkaian sensor kapasitor ketika dikalibrasi menggunakan sampel berupa aquades. Pengukuran kalibrasi ini dilakukan menggunakan alat osiloskop dengan frekuensi sumber tegangan sebesar 100 *kHz*.

Penentuan nilai frekuensi yang digunakan sebagai kalibrasi tersebut mengacu pada hasil observasi yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan rentang frekuensi sumber tegangan mulai dari Hertz (*Hz*) sampai dengan kilohertz (*kHz*). Berdasarkan hasil observasi diketahui bahwa pada rentang frekuensi dengan satuan *Hz*, nilai konstanta dielektrik berbanding lurus dengan nilai frekuensi sumber tegangan sehingga semakin besar frekuensi sumber tegangan maka semakin besar pula nilai konstanta dielektriknya ( ). Kemudian pada rentang frekuensi dengan satuan *kHz*, nilai konstanta dielektrik berbanding terbalik dengan nilai frekuensi sumber tegangan, yang artinya semakin besar frekuensi sumber tegangan maka semakin kecil nilai konstanta dielektriknya ( ). Nilai konstanta dielektrik aquades terbesar berdasarkan hasil pengukuran didapatkan pada rentang frekuensi 1 *kHz* – 100 *kHz*. Oleh karena itu pada penelitian ini, kalibrasi sensor kapasitor dilakukan pada frekuensi 100 *kHz*, yang digunakan sebagai nilai frekuensi sumber tegangan awal pada penelitian konstanta dielektrik larutan cuka ( ).

**Lampiran D. Perhitungan pH Larutan Cuka berdasarkan Nilai Konsentrasi**

Tabel D.1 Perhitungan ph larutan cuka berdasarkan tingkatan nilai konsentrasi

Jenis Cuka	Konsentrasi	Nilai pH			
		1	2	3	
Cuka Putih	5%	3,07	3,07	3,07	3,07
	3,3%	3,14	3,14	3,14	3,14
	1,6%	3,26	3,27	3,26	3,26
Cuka Apel	5%	3,64	3,65	3,64	3,64
	3,3%	3,67	3,66	3,66	3,66
	1,6%	3,71	3,70	3,70	3,70
Cuka Beras Hitam	5%	3,68	3,68	3,68	3,68
	3,3%	3,71	3,71	3,71	3,71
	1,6%	3,76	3,75	3,75	3,75

**Lampiran E. Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Setiap Konsentrasi**

**E.1 Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka untuk Konsentrasi 5%**

Tabel E.1 Perhitungan nilai konstanta dielektrik pada larutan cuka 5% berdasarkan kenaikan dan penurunan frekuensi tegangan

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Cuka Putih	100	2,60	22	22	22	22 ± 0,44	8,6	8,6	8,6	8,6 ± 0,17	74,471	74,471	74,471	74,471 ± 1,489
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,6	8,6	8,6	8,6 ± 0,17	74,471	74,471	74,471	74,471 ± 1,489
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	68,882	68,882	68,882	68,882 ± 1,378
	400		22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	68,882	68,882	68,882	68,882 ± 1,378

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)			(Volt)					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	500		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	66,207	66,207	66,207	66,207 ± 1,324
	600		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	66,207	66,207	66,207	66,207 ± 1,324
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	63,607	63,607	63,607	63,607 ± 1,272
	500		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	66,207	66,207	66,207	66,207 ± 1,324
	400		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	66,207	66,207	66,207	66,207 ± 1,324
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	68,882	68,882	68,882	68,882 ± 1,378
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	68,882	68,882	68,882	68,882 ± 1,378
	100		22	22	22	22 ± 0,44	8,6	8,6	8,6	8,6 ± 0,17	74,471	74,471	74,471	74,471 ± 1,489
Cuka Apel	100	2,72	22	22	22	22 ± 0,44	8,4	8,4	8,4	8,4 ± 0,17	74,984	74,984	74,984	74,984 ± 1,499
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	400		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	500		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	66,585	66,585	66,585	66,585 ± 1,332
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	66,585	66,585	66,585	66,585 ± 1,332
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)			(Volt)					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	63,941	63,941	63,941	63,941 ± 1,279
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	66,585	66,585	66,585	66,585 ± 1,332
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	66,585	66,585	66,585	66,585 ± 1,332
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	66,585	66,585	66,585	66,585 ± 1,332
	400		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	69,304	69,304	69,304	69,304 ± 1,386
	100		22	22	22	22 ± 0,44	8,4	8,4	8,4	8,4 ± 0,17	74,984	74,984	74,984	74,984 ± 1,499
Cuka Beras	100	2,83	22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	75,056	75,056	75,056	75,056 ± 1,501
Hitam	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	72,144	72,144	72,144	72,144 ± 1,443
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	72,144	72,144	72,144	72,144 ± 1,443
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	66,563	66,563	66,563	66,563 ± 1,331
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	69,314	69,314	69,314	69,314 ± 1,386
	300		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	72,144	72,144	72,144	72,144 ± 1,443
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	72,144	72,144	72,144	72,144 ± 1,443
	100		22	22	22	22 ± 0,44	8,2	8,2	8,2	8,2 ± 0,16	75,056	75,056	75,056	75,056 ± 1,443

E.2 Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka untuk Konsentrasi 3,3%

Tabel E.2 Perhitungan nilai konstanta dielektrik pada larutan cuka 3,3% berdasarkan kenaikan dan penurunan frekuensi tegangan

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Cuka Putih	100	2,97	22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	75,758	75,758	75,758	75,758 ± 1,515
	200		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	75,758	75,758	75,758	75,758 ± 1,515
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	72,789	72,789	72,789	72,789 ± 1,456
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	72,789	72,789	72,789	72,789 ± 1,456
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	67,093	67,093	67,093	67,093 ± 1,342
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	67,093	67,093	67,093	67,093 ± 1,342
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	67,093	67,093	67,093	67,093 ± 1,342

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)	(Volt)				(Volt)				(Volt)			
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	67,093	67,093	67,093	67,093 ± 1,342
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	69,901	69,901	69,901	69,901 ± 1,398
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	72,789	72,789	72,789	72,789 ± 1,456
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	72,789	72,789	72,789	72,789 ± 1,456
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,8	7,8	7,8	7,8 ± 0,16	72,789	72,789	72,789	72,789 ± 1,456
	100		22	22	22	22 ± 0,44	8,0	8,0	8,0	8,0 ± 0,16	75,758	75,758	75,758	75,758 ± 1,515
Cuka Apel	100	3,23	22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	76,101	76,101	76,101	76,101 ± 1,522
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	73,047	73,047	73,047	73,047 ± 1,461
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	73,047	73,047	73,047	73,047 ± 1,461
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	900		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	800		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	67,183	67,183	67,183	67,183 ± 1,344
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	70,075	70,075	70,075	70,075 ± 1,402

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3	1	2	3	1	2	3			
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	73,047	73,047	73,047	73,047 ± 1,461
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	73,047	73,047	73,047	73,047 ± 1,461
	100		22	22	22	22 ± 0,44	7,6	7,6	7,6	7,6 ± 0,15	76,101	76,101	76,101	76,101 ± 1,522
Cuka Beras	100	3,37	22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	76,253	76,253	76,253	76,253 ± 1,525
Hitam	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	76,253	76,253	76,253	76,253 ± 1,525
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	73,152	73,152	73,152	73,152 ± 1,463
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	73,152	73,152	73,152	73,152 ± 1,463
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	800		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	900		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	900		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	800		22	22	22	22 ± 0,44	6,8	6,8	6,8	6,8 ± 0,14	67,197	67,197	67,197	67,197 ± 1,344
	700		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	600		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	500		22	22	22	22 ± 0,44	7,0	7,0	7,0	7,0 ± 0,14	70,135	70,135	70,135	70,135 ± 1,403
	400		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	73,152	73,152	73,152	73,152 ± 1,463
	300		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	73,152	73,152	73,152	73,152 ± 1,463
	200		22	22	22	22 ± 0,44	7,2	7,2	7,2	7,2 ± 0,14	73,152	73,152	73,152	73,152 ± 1,463
	100		22	22	22	22 ± 0,44	7,4	7,4	7,4	7,4 ± 0,15	76,253	76,253	76,253	76,253 ± 1,525

## E.3 Perhitungan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka untuk Konsentrasi 1,6%

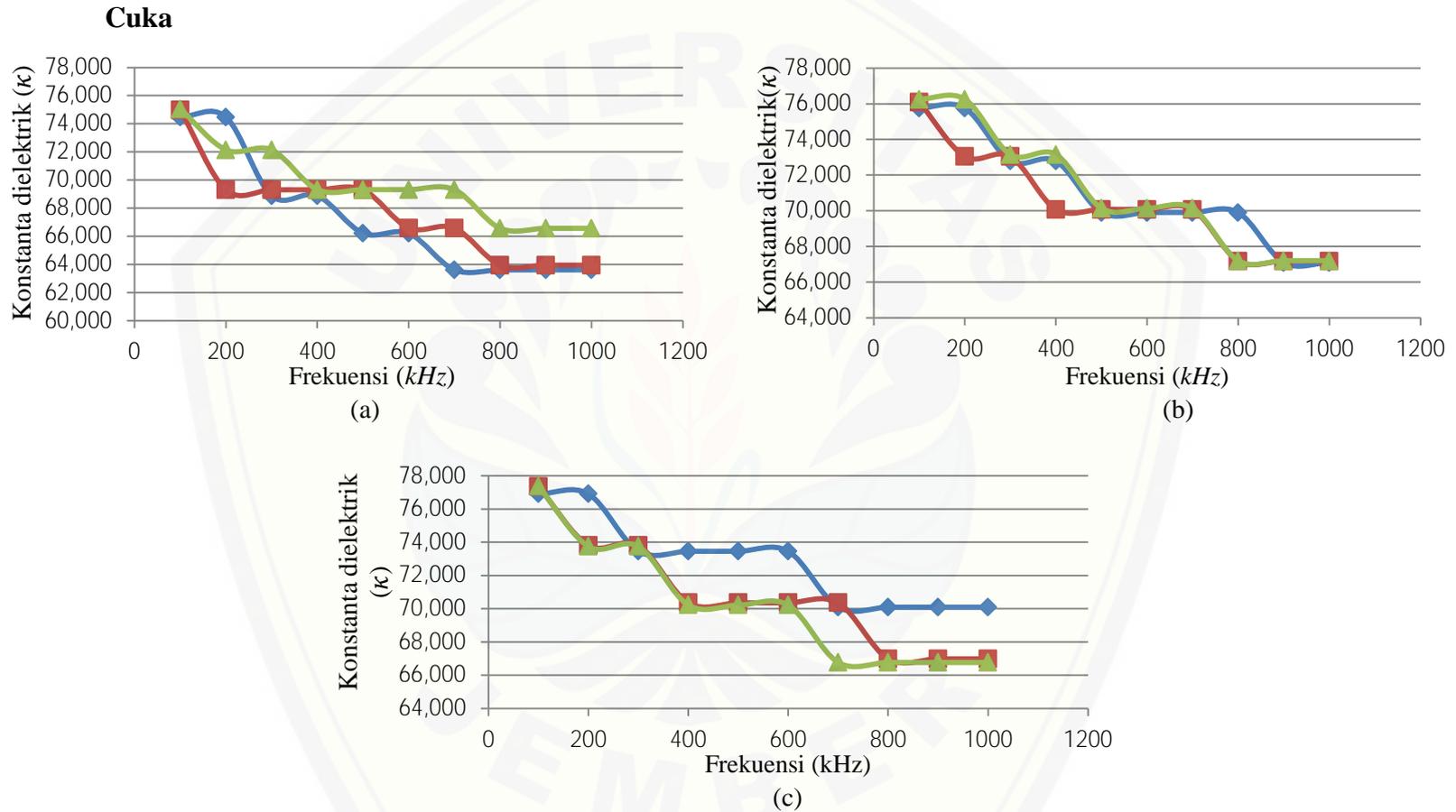
Tabel E.3 Perhitungan nilai konstanta dielektrik pada larutan cuka 1,6% berdasarkan kenaikan dan penurunan frekuensi tegangan

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Cuka Putih	100	4,39	22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	76,911	76,911	76,911	76,911 ± 1,538
	200		22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	76,911	76,911	76,911	76,911 ± 1,538
	300		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	400		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	500		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	600		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	700		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	800		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	900		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	900		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	800		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	700		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	600		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	70,092	70,092	70,092	70,092 ± 1,402
	500		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	400		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
	300		22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	73,459	73,459	73,459	73,459 ± 1,469
200	22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	76,911	76,911	76,911	76,911 ± 1,538		
100	22	22	22	22 ± 0,44	6,2	6,2	6,2	6,2 ± 0,12	76,911	76,911	76,911	76,911 ± 1,538		

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)					(Volt)								(Volt)			
			1	2	3		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Cuka Apel	100	4,62	22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	77,356	77,356	77,356	77,356 ± 1,547				
	200		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	73,813	73,813	73,813	73,813 ± 1,476				
	300		22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	73,813	73,813	73,813	73,813 ± 1,476				
	400		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	500		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	600		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	700		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	800		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	900		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	1000		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	900		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	800		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	700		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	66,983	66,983	66,983	66,983 ± 1,339				
	600		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	500		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
	400		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	70,356	70,356	70,356	70,356 ± 1,407				
300	22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	73,813	73,813	73,813	73,813 ± 1,476						
200	22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	73,813	73,813	73,813	73,813 ± 1,476						
100	22	22	22	22 ± 0,44	6,0	6,0	6,0	6,0 ± 0,12	77,356	77,356	77,356	77,356 ± 1,547						
Cuka Beras	100	4,84	22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	77,371	77,371	77,371	77,371 ± 1,547				
Hitam	200		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	73,750	73,750	73,750	73,750 ± 1,475				
	300		22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	73,750	73,750	73,750	73,750 ± 1,475				
	400		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	70,216	70,216	70,216	70,216 ± 1,404				
	500		22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	70,216	70,216	70,216	70,216 ± 1,404				

Jenis Cuka	f (kHz)	C × 10 <sup>-10</sup> (Farad)				(Volt)				(Volt)				
			1	2	3		1	2	3		1	2	3	
600			22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	70,216	70,216	70,216	70,216 ± 1,404
700			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
800			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
900			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
1000			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
1000			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
900			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
800			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
700			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
600			22	22	22	22 ± 0,44	5,2	5,2	5,2	5,2 ± 0,10	66,766	66,766	66,766	66,766 ± 1,335
500			22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	70,216	70,216	70,216	70,216 ± 1,404
400			22	22	22	22 ± 0,44	5,4	5,4	5,4	5,4 ± 0,11	70,216	70,216	70,216	70,216 ± 1,404
300			22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	73,750	73,750	73,750	73,750 ± 1,475
200			22	22	22	22 ± 0,44	5,6	5,6	5,6	5,6 ± 0,11	73,750	73,750	73,750	73,750 ± 1,475
100			22	22	22	22 ± 0,44	5,8	5,8	5,8	5,8 ± 0,12	77,371	77,371	77,371	77,371 ± 1,547

## Lampiran F. Grafik Hubungan Kenaikan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan



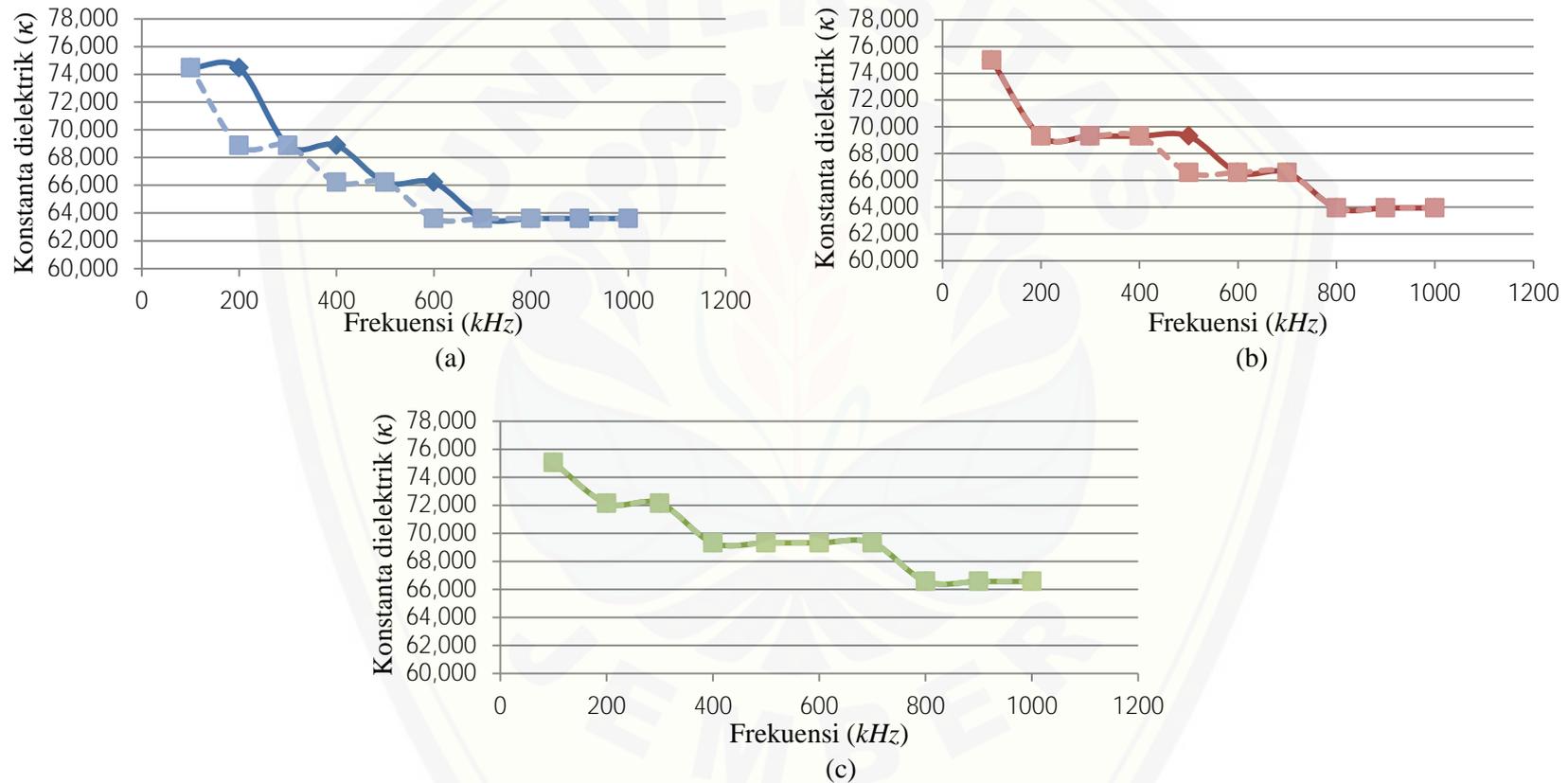
Keterangan:

■ Larutan Cuka Putih     
 ■ Larutan Cuka Apel     
 ■ Larutan Cuka Beras Hitam

Gambar F.1 Hubungan kenaikan frekuensi dan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi; (a) 5%; (b) 3,3%; (c) 1,6%

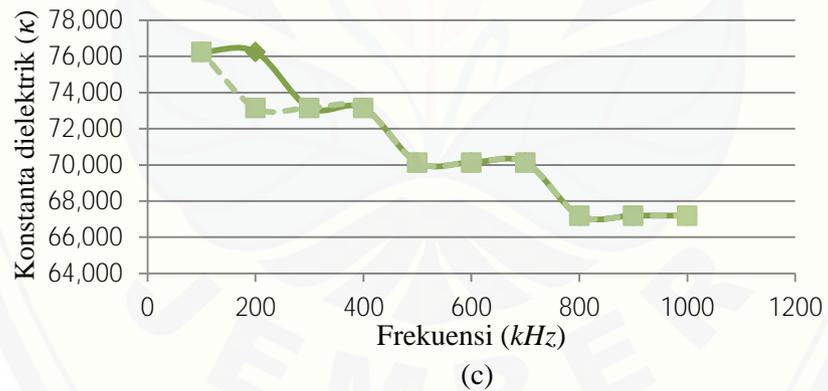
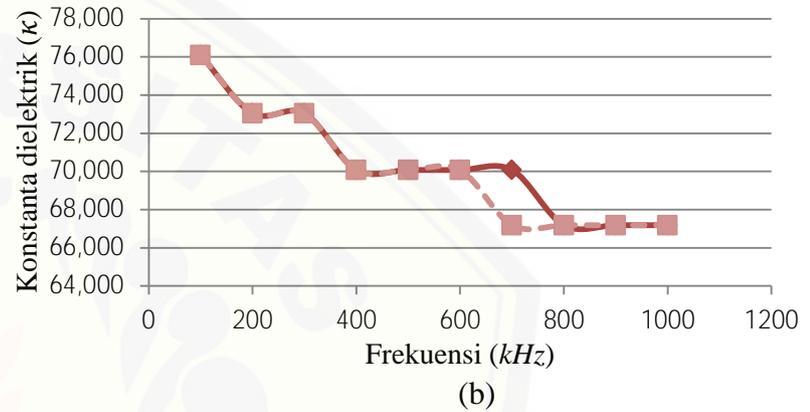
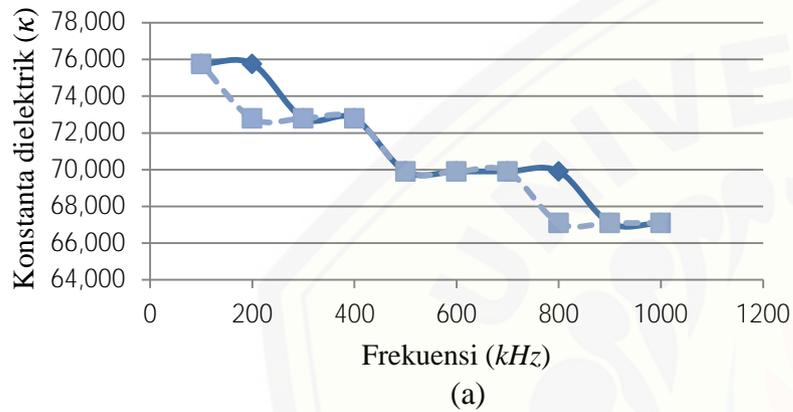
## Lampiran G. Grafik Hubungan Kenaikan dan Penurunan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka

G.1 Larutan Cuka dengan Konsentrasi 5%



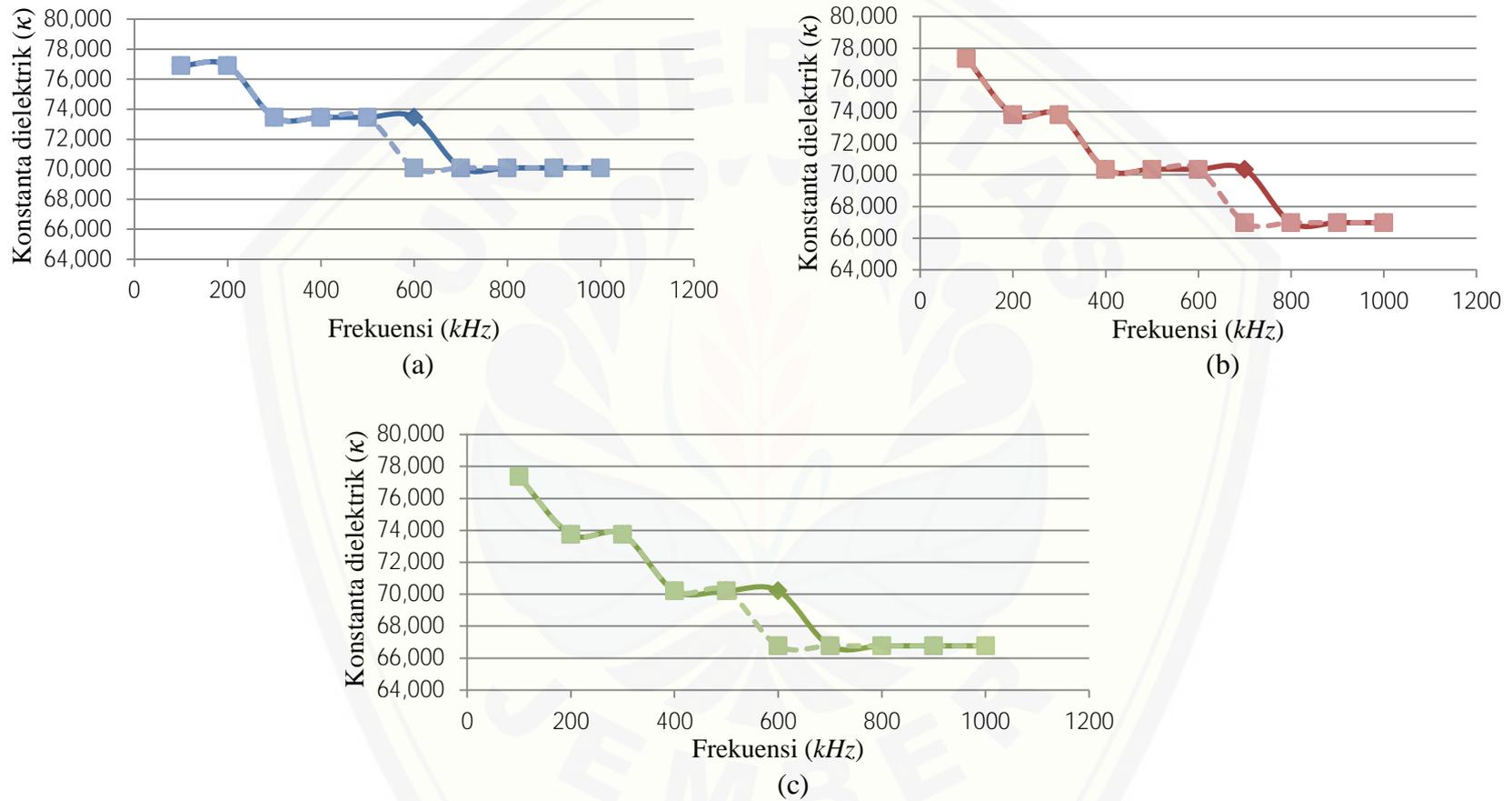
Gambar G.1 Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 5%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam

G.2 Larutan Cuka dengan Konsentrasi 3,3%



Gambar G.2 Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 3,3%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam

G.3 Larutan Cuka dengan Konsentrasi 1,6%



Gambar G.3 Hubungan kenaikan dan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 1,6%; (a) Cuka Putih; (b) Cuka Apel; (c) Cuka Beras Hitam

**Lampiran H. Uji Regresi Linier dan Uji Signifikansi Hubungan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka**

**H.1 Uji Regresi Linier dan Uji Signifikansi Hubungan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 5%**

Tabel H.1 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 5%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,878 <sup>a</sup>	,771	,763	1,746731

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	288,092	1	288,092	94,423	,000 <sup>b</sup>
	Residual	85,430	28	3,051		
	Total	373,522	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

Tabel H.2 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 5%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,825 <sup>a</sup>	,681	,670	2,000996

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	239,353	1	239,353	59,779	,000 <sup>b</sup>
	Residual	112,112	28	4,004		
	Total	351,465	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

## H.2 Uji Regresi Linier dan Uji Signifikansi Hubungan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 3,3%

Tabel H.3 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 3,3%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,946 <sup>a</sup>	,894	,890	1,025562

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	248,597	1	248,597	236,359	,000 <sup>b</sup>
	Residual	29,450	28	1,052		
	Total	278,047	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

Tabel H.4 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 3,3%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,947 <sup>a</sup>	,897	,893	,968747

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	229,174	1	229,174	244,200	,000 <sup>b</sup>
	Residual	26,277	28	,938		
	Total	255,452	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

### H.3 Uji Regresi Linier dan Uji Signifikansi Hubungan Frekuensi Sumber Tegangan dengan Nilai Konstanta Dielektrik Larutan Cuka Pada Konsentrasi 1,6%

Tabel H.5 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan kenaikan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 1,6%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,875 <sup>a</sup>	,766	,758	1,661674

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	253,496	1	253,496	91,808	,000 <sup>b</sup>
	Residual	77,312	28	2,761		
	Total	330,808	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

Tabel H.6 Uji regresi linier dan uji signifikansi hubungan penurunan frekuensi sumber tegangan dengan nilai konstanta dielektrik larutan cuka pada konsentrasi 1,6%

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,867 <sup>a</sup>	,751	,743	1,789286

a. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**ANOVA<sup>a</sup>**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	270,926	1	270,926	84,623	,000 <sup>b</sup>
	Residual	89,643	28	3,202		
	Total	360,569	29			

a. Dependent Variable: Konstanta dielektrik

b. Predictors: (Constant), Frekuensi (kHz)

**Lampiran I. Dokumentasi Penelitian**

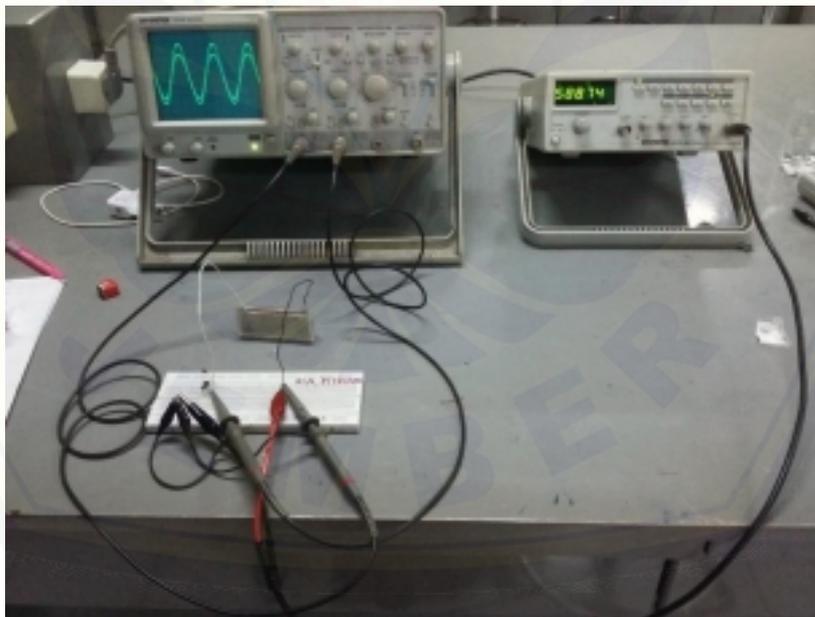
Gambar I.1 Sampel bahan penelitian untuk pengukuran nilai konstanta dielektrik



Gambar I.2 Pengukuran pH larutan cuka menggunakan pH meter digital



Gambar I.3 Pengukuran kapasitansi larutan cuka menggunakan kapasitansimeter



Gambar I.4 Pengukuran nilai konstanta dielektrik menggunakan osiloskop