

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN DENAT  
ALKOHOL TERHADAP NILAI IMPEDANSI LISTRIK  
PADA GEL LIDAH BUAYA (*Aloe vera*)**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

Firda Arta  
155090300111013

**PROGRAM STUDI : S1 FISIKA**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**



repository.ub.ac.id

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN DENAT  
ALKOHOL TERHADAP NILAI IMPEDANSI LISTRIK  
PADA GEL LIDAH BUAYA (*Aloe vera*)**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang fisika

**Oleh:**

Firda Arta  
155090300111013

**PROGRAM STUDI : S1 FISIKA**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**



repository.ub.ac.id

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**  
**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN DENAT**  
**ALKOHOL TERHADAP NILAI IMPEDANSI LISTRIK**  
**PADA GEL LIDAH BUAYA (*Aloe vera*)**

**Oleh:**

Firda Arta  
155090300111013

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji  
Pada tanggal... 24 MAY 2019  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

Pembimbing I

Chomsin S. Widodo, M.Si., Ph.D  
NIP:19691020.199512.1.002

Pembimbing II

Sri Herwiningsih, S.Si., M.App.Sc., Ph.D  
NIP: 19831019.200604.2.002

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Brawijaya

Prof. Dr. ref. nat. Muhammad Nurhuda  
NIP:19640910.19902.1.001

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## LEMBAR PERNYATAAN

**Saya yang bertanda tangan dibawah ini:**

**Nama** : Firda Arta  
**NIM** : 155090300111013  
**Jurusan** : Fisika  
**Penulis Skripsi berjudul** : Analisis Pengaruh Penambahan Denat Alkohol terhadap Nilai Impedansi Listrik pada Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*)

**Dengan ini menyatakan bahwa:**

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

**Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.**

Malang, 25 April 2019  
Yang menyatakan,



**Firda Arta**  
**NIM. 155090300111013**

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**





repository.ub.ac.id

# ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN DENAT ALKOHOL TERHADAP NILAI IMPEDANSI LISTRIK PADA GEL LIDAH BUAYA (*Aloe vera*)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan denat alkohol pada gel lidah buaya dalam kosmetik. Penambahan denat alkohol akan mempengaruhi sifat fisis dari gel lidah buaya, salah satunya adalah nilai impedansi listriknya. Selain karena penambahan alkohol, nilai impedansi listrik juga dipengaruhi oleh frekuensi yang digunakan. Metode yang digunakan untuk mengetahui nilai impedansi listrik gel lidah buaya yaitu dengan rangkaian chamber empat elektroda yang terbuat dari emas dan alat picoscope tipe S5000. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan arus yang diinjeksi secara bolak-balik sebesar  $1 \mu\text{A}$  dalam rentang frekuensi  $1 \text{ Hz} - 1 \text{ MHz}$  (dengan mempertimbangkan kemampuan alat). Membran sel merupakan bahan dielektrik yang memiliki komponen resistansi dan kapasitansi sehingga pada frekuensi tertentu dapat melewatkan arus dan pada frekuensi lainnya tidak dapat melewatkan arus. Berdasarkan informasi mengenai nilai  $Z$  maka dapat diketahui besar nilai resistansi dan reaktansi dari bahan. Konsentrasi alkohol dalam sampel yang digunakan adalah  $0\% - 10\%$  serta data tambahan berupa konsentrasi  $20\% - 100\%$ . Nilai impedansi untuk sampel dengan kandungan alkohol  $0\%$  adalah  $66,716 \text{ k}\Omega - 831,334 \text{ k}\Omega$ , sampel dengan kandungan alkohol  $10\%$  adalah  $54,434 \text{ k}\Omega - 771,167 \text{ k}\Omega$ , dan sampel dengan kandungan alkohol  $100\%$  yaitu  $3,314 \text{ k}\Omega - 208,083 \text{ k}\Omega$ . Nilai impedansi listrik pada sampel lidah buaya semakin menurun seiring dengan bertambahnya konsentrasi alkohol pada sampel.

**Kata kunci :** Impedansi listrik, lidah buaya, denat alkohol

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



repository.ub.ac.id

# ANALYSIS OF THE EFFECT OF ADDITION OF DENAT ALCOHOL ON THE VALUE OF ELECTRIC IMPEDANCE IN THE *ALOE VERA* GEL

## ABSTRACT

This study was conducted to analyze the effect of adding denat alcohol in *Aloe vera* gel in cosmetics. The addition of denat alcohol would affect *Aloe vera* gel's physical properties, one of them is the electrical impedance value. Besides the addition of alcohol, the electrical impedance is also affected by the frequency used in experiment. To obtain the value of electrical impedance of *Aloe vera* gel, a chamber circuit with four electrodes made from gold and a picoscope type S5000. Measurements were done by using injected AC currents of 1  $\mu\text{A}$  with frequency ranged between 1 Hz - 1 MHz (considering the tool's capability). Cell membrane is a dielectric material that has a component of resistance and capacitance in which at certain frequencies can pass current and at other frequencies can not pass. Based on the value of Z, the value of the resistance and reactance of the materials can be known. The alcohol concentration used for the samples were between 0% - 10% and for the additional data were using concentration between 20% - 100%. The impedance value for samples using 0% denat alcohol concentration are ranged between 66,716 k $\Omega$  – 831,334 k $\Omega$ , for the 10% denat alcohol concentration ranged between 54,434 k $\Omega$  – 771,167 k $\Omega$ , and for the 100% denat alcohol concentration between 3,314 k $\Omega$  – 208,083 k $\Omega$ . The impedance value of *Aloe vera* gel decreases when the alcohol concentration in samples increases.

**Keyword** : electrical impedance, *Aloe vera*, denat alcohol

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat, kuasa, inayah serta hidayah-Nya lah sehingga kami dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Pengaruh Penambahan Denat Alkohol terhadap Nilai Impedansi Listrik pada Gel Lidah Buaya (*Aloe vera*)”**. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana sains (S.Si) di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari orang-orang yang telah mendukung pelaksanaan program Skripsi ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan dan bantuan yang telah diberikan oleh:

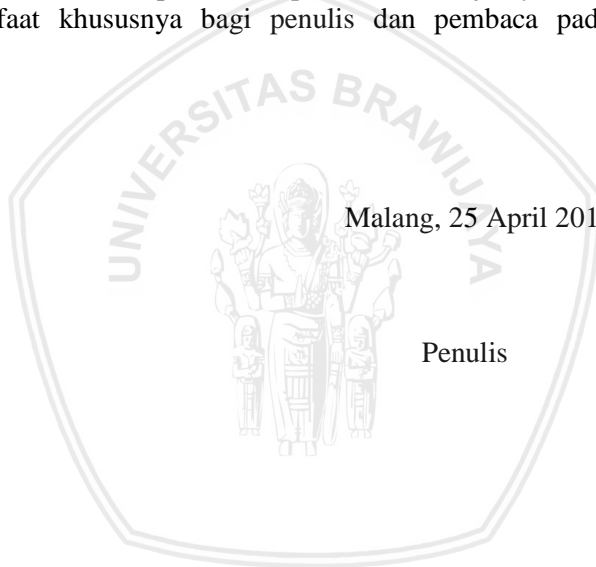
1. Kedua orang tua yaitu bapak Martin dan ibu Heni Agustiningrum yang senantiasa mendoakan, mendukung dan memberikan motivasi untuk tetap semangat serta memfasilitasi saya untuk dapat menjalankan kuliah di luar kota dengan senang hati.
2. Kakak Rizki dan adik Sarah yang selalu mendukung saya dan memberikan kasih sayang.
3. Prof. Dr. rer. nat. Muhammad Nurhuda selaku Ketua Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
4. Ahmad Nadhir, S.Si., MT., Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
5. Dr. Eng. Masruroh, S.Si., MSi selaku Ketua Program Studi S1 Fisika Universitas Brawijaya.
6. Chomsin S.W.,S.Si.,MSi.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberi motivasi serta arahan dalam jalannya penelitian dan penyusunan skripsi ini.
7. Sri Herwiningsih, S.Si.,M.App.Sc.,Ph.D selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang selalu memberikan dukungan dan arahan dalam penyusunan skripsi ini.

- repository.ub.ac.id
8. Drs. Wasis, M.AB selaku Dosen Penguji yang turut memberikan masukan dan arahan demi keberlangsungan penelitian yang lebih baik lagi.
  9. Teman sekelompok tugas akhir yaitu Nafis dan Renika yang tak pernah bosan menemani jalannya skripsi saya.
  10. Keluarga Besar Unit Aktivitas Panahan Universitas Brawijaya yang telah menemani masa kuliah saya dan memberikan pengalaman tak terlupakan.
  11. Semua pihak yang tidak disebutkan disini serta telah ikut membantu menyukseskan pembuatan skripsi ini.

Adapun saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan Skripsi ini dan penelitian selanjutnya serta semoga bermanfaat khususnya bagi penulis dan pembaca pada umumnya.

Malang, 25 April 2019

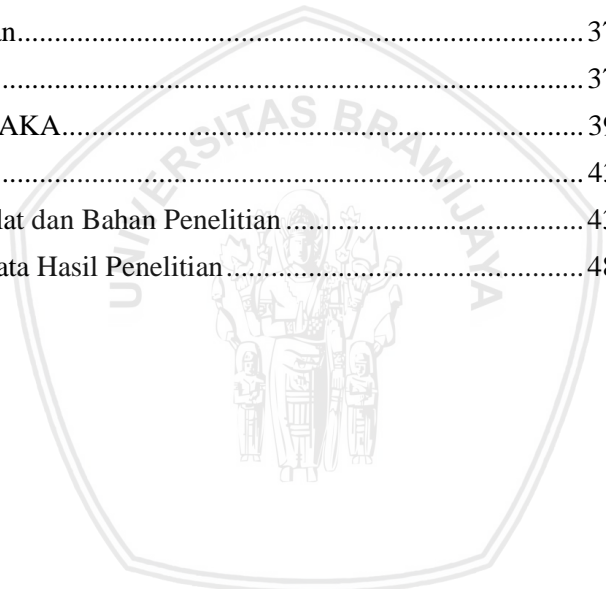
Penulis



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Lidah Buaya ( <i>Aloe vera</i> ) .....	5
2.2 Denat Alkohol .....	7
2.3 Biolistrik.....	9
2.4 Dielektrik.....	10
2.5 Bioimpedansi.....	11
BAB III METODE PENELITIAN .....	15
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	15
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	15
3.3 Tahapan Penelitian .....	15
3.3.1 Diagram Alir Penelitian.....	15

3.3.2 Persiapan Alat.....	17
3.3.3 Persiapan Sampel.....	19
3.3.4 Pengambilan Data.....	21
3.3.5 Analisis Data .....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Hubungan Frekuensi terhadap Impedansi Listrik .....	25
4.2 Hubungan Konsentrasi Alkohol terhadap Impedansi Listrik ..	27
4.3 Hubungan Beda Fase terhadap Impedansi Listrik.....	31
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>37</b>
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>43</b>
Lampiran 1 Alat dan Bahan Penelitian .....	43
Lampiran 2 Data Hasil Penelitian.....	48



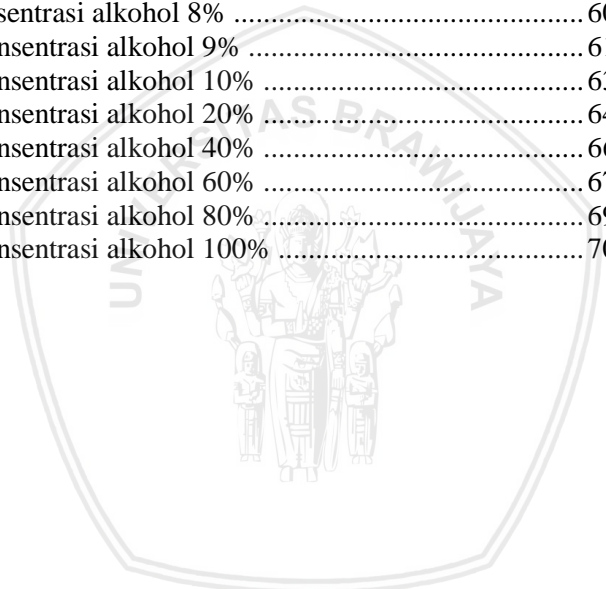


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tanaman Lidah Buaya ( <i>Aloe vera</i> ) .....	5
Gambar 2.2 Struktur Irisan Melintang Daun Lidah Buaya .....	6
Gambar 2.3 Analogi Membran Sel sebagai Komponen Dielektrik..	11
Gambar 2.4 Analogi Saat Arus Melewati Membran Sel pada Frekuensi Tinggi (a) dan pada Frekuensi Rendah (b) .....	12
Gambar 2.5 Rangkaian Ekuivalen pada Membran sel .....	13
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3.2 Diagram Sistem Pengukuran.....	17
Gambar 3.3 Tampilan Hasil Pengukuran Picoscope.....	19
Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan Sampel.....	20
Gambar 4.1 Hubungan Frekuensi terhadap Impedansi .....	26
Gambar 4.2 Hubungan Impedansi terhadap Konsentrasi Alkohol dalam Sampel 0% - 10% .....	28
Gambar 4.3 Hubungan Impedansi terhadap Konsentrasi Alkohol dalam Sampel Tambahan .....	29
Gambar 4.4 Hubungan antara Beda Fase Gelombang dengan Frekuensi.....	32
Gambar 4.5 Hubungan antara Impedansi Real dengan Frekuensi ...	33
Gambar 4.6 Hubungan antara Impedansi Imajiner dengan Frekuensi .....	34
Gambar L1. 1 Rangkaian Alat dan Komponen Penelitian .....	43
Gambar L1. 2 Kontainer Tabung Elektroda Emas.....	43
Gambar L1. 3 <i>Picoscope</i> S5000 .....	44
Gambar L1. 4 <i>V to I converter</i> .....	44
Gambar L1. 5 <i>Power supply</i> .....	44
Gambar L1. 6 Laptop .....	45
Gambar L1. 7 Termometer ruangan .....	45
Gambar L1. 8 Jarum suntik .....	45
Gambar L1. 9 Daun lidah buaya.....	46
Gambar L1. 10 Daun lidah buaya yang telah dihaluskan .....	46
Gambar L1. 11 Proses penyaringan gel lidah buaya.....	46
Gambar L1. 12 Sampel gel lidah buaya yang telah siap diukur.....	47
Gambar L1. 13 Denat alkohol .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Volume Lidah Buaya dan Alkohol untuk Setiap Konsentrasi Sampel .....	21
Tabel L2. 1 Konsentrasi alkohol 0% .....	48
Tabel L2. 2 Konsentrasi alkohol 1% .....	49
Tabel L2. 3 Konsentrasi alkohol 2% .....	51
Tabel L2. 4 Konsentrasi alkohol 3% .....	52
Tabel L2. 5 Konsentrasi alkohol 4% .....	54
Tabel L2. 6 Konsentrasi alkohol 5% .....	55
Tabel L2. 7 Konsentrasi alkohol 6% .....	57
Tabel L2. 8 Konsentrasi alkohol 7% .....	58
Tabel L2. 9 Konsentrasi alkohol 8% .....	60
Tabel L2. 10 Konsentrasi alkohol 9% .....	61
Tabel L2. 11 Konsentrasi alkohol 10% .....	63
Tabel L2. 12 Konsentrasi alkohol 20% .....	64
Tabel L2. 13 Konsentrasi alkohol 40% .....	66
Tabel L2. 14 Konsentrasi alkohol 60% .....	67
Tabel L2. 15 Konsentrasi alkohol 80% .....	69
Tabel L2. 16 Konsentrasi alkohol 100% .....	70



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Wajah merupakan bagian tubuh yang menjadi perhatian penting bagi setiap orang terutama perempuan. Beragam produk kecantikan hadir dengan keunggulannya masing-masing. Produk kecantikan/kosmetik untuk merawat kulit (*skin care*) yang berasal dari tanaman kini mulai digemari karena dinilai aman dan kaya akan manfaat. Salah satu tanaman yang mengandung banyak manfaat bagi kulit wajah yaitu tanaman lidah buaya.

Lidah buaya (*Aloe vera*) merupakan tanaman yang berasal dari Afrika dan termasuk ke dalam golongan *Liliaceae*. Ciri fisik dari tanaman lidah buaya adalah daunnya berdaging tebal dan panjang, mengecil dibagian ujungnya dan memiliki lendir. Daun tanaman lidah buaya mengandung sekitar 98,5% air dan sisanya yaitu 1,5% mengandung enzim, vitamin, mineral, senyawa polipakarida, polisakarida, dan asam organik yang larut dalam air dan lemak (Ananda & Zuhrotun, 2016). Daun tanaman lidah buaya mengandung saponin pada bagian gelnya yang berguna untuk membersihkan kulit dari kotoran, melembabkan, melembutkan dan menghaluskan kulit. Gel lidah buaya mudah menyerap ke dalam kulit sehingga mampu menahan kelembapan kulit (Suryani, Hambali, & Kurniadewi, 2010).

Meskipun mudah untuk membuat produk gel lidah buaya sendiri, tak jarang orang membeli produk gel lidah buaya siap pakai sehingga terdapat bahan campuran pada produk kecantikan tersebut. Bahan campuran yang sering digunakan pada gel lidah buaya adalah alkohol. Jenis alkohol '*Simple alcohol*' banyak digunakan dalam campuran kosmetik berbentuk cair yang ringan seperti air, namun saat digunakan pada kulit dapat menghilangkan minyak dari permukaan kulit. Salah satu contoh produk *simple alcohol* adalah denat alkohol.

Fungsi utama yang diinginkan produsen dengan mencampurkan alkohol ke dalam produk lidah buaya adalah agar produk lebih tahan lama, membuat produk mengeluarkan aroma yang kuat, serta penyerapan produk ke dalam kulit agar lebih maksimal. Dalam penggunaannya sebagai pengawet, alkohol dapat mencegah

pertumbuhan mikroba sehingga tidak menimbulkan perubahan warna dan aroma (Sirilun et al., 2017). Namun sayangnya, penambahan alkohol dalam jumlah banyak tentunya berbahaya bagi kulit wajah yang sensitif karena dapat menyebabkan kulit terasa gatal, panas, dan iritasi.

Penambahan denat alkohol juga akan mempengaruhi sifat fisis dari gel lidah buaya itu sendiri. Selain mempengaruhi komposisi dan viskositas suatu bahan, campuran alkohol dapat pula mempengaruhi nilai impedansi bahan. Hal tersebut dikarenakan kandungan air dalam tanaman lidah buaya mengandung ion dan memiliki sifat kelistrikan yang cenderung resistif (Salamena, Santoso, & Abdurrouf, 2017). Sedangkan alkohol merupakan pelarut pengestraksi dan akan mempengaruhi jumlah senyawa aktif yang terkandung dalam bahan karena alkohol bersifat polar sehingga memiliki momen dipol listrik. Penambahan alkohol akan mempengaruhi nilai impedansi listrik pada lidah buaya karena kandungan air dan alkohol yang memiliki sifat kelistrikan (Arifianti, Oktarina, & Kusumawati, 2014). Sifat kelistrikan yang dimiliki oleh gel lidah buaya dapat dijelaskan melalui fenomena biolistrik.

Biolistrik merupakan sebuah energi yang dimiliki oleh seluruh makhluk hidup yang bersumber dari Adenosine Tri Phosphate (ATP). Metode dielektrik dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik biolistrik dimana pengukuran dielektrik menggunakan plat kapasitor yang disisipkan bahan yang akan diuji (Setyani, Widodo, & Saroja, 2000). Sifat kelistrikan bahan digunakan untuk mengetahui kemurnian dari produk olahan gel lidah buaya yang dipengaruhi oleh penambahan volume dan jenis alkohol yang berbeda dalam penggunaannya sebagai produk perawatan kulit karena produk gel lidah buaya yang baik adalah yang tidak menggunakan alkohol sebagai bahan campurannya. Karakteristik pada bahan biologis tersebut digunakan untuk menjelaskan perilaku bahan saat diberi medan elektromagnetik pada frekuensi tertentu. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran nilai impedansi listrik bahan lidah buaya pada frekuensi tegangan tertentu untuk menganalisa kualitas bahan seiring pertambahan volume alkohol sebagai bahan campurannya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana nilai impedansi listrik pada gel lidah buaya?
2. Bagaimana pengaruh penambahan denat alkohol terhadap nilai impedansi listrik gel lidah buaya?
3. Bagaimana pengaruh penambahan frekuensi terhadap nilai impedansi listrik gel lidah buaya?

## 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Lidah buaya hanya diambil bagian dagingnya saja.
2. Pembuatan gel lidah buaya dengan cara diaduk.
3. Arus yang digunakan 1  $\mu\text{A}$ .
4. Tegangan yang digunakan 1 volt.
5. Frekuensi sinyal generator yang digunakan dalam rentang 1 Hz – 1 MHz.
6. Suhu ruangan.
7. Tidak melakukan uji komposisi.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu :

1. Menganalisa nilai impedansi gel lidah buaya.
2. Menganalisa pengaruh frekuensi tegangan terhadap nilai impedansi listrik gel lidah buaya.
3. Menganalisa pengaruh penambahan denat alkohol terhadap nilai impedansi listrik gel lidah buaya.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Mengetahui nilai impedansi listrik pada bahan dielektrik.
2. Mengetahui pengaruh frekuensi terhadap nilai impedansi listrik.
3. Mengetahui perbedaan bahan yang tidak mengandung alkohol dan mengandung alkohol.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

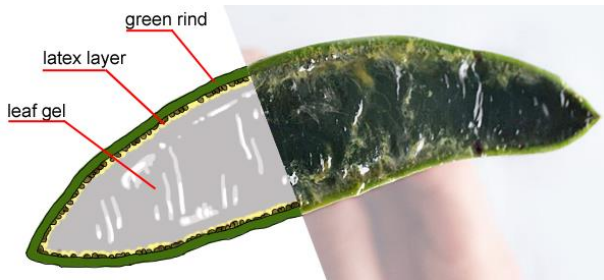
#### 2.1 Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Lidah buaya (*Aloe vera*) merupakan tanaman yang banyak digunakan sebagai produk kesehatan, kecantikan, dan perawatan kulit. Tanaman lidah buaya masuk ke dalam famili Asphodelaceae (Liliaceae) dan merupakan tanaman semak berwarna hijau. Tanaman Lidah buaya banyak tumbuh di daerah kering seperti Afrika dan Asia. Ciri fisik dari tanaman lidah buaya adalah daunnya berdaging tebal dan panjang, mengecil dibagian ujungnya dan memiliki lendir (Ananda & Zuhrotun, 2016). Bentuk tanaman lidah buaya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera*)

Tanaman *Aloe vera* mengandung banyak komponen penting yang saling melengkapi. Setiap daun *Aloe vera* terdiri dari beberapa lapisan seperti pada Gambar 2.2 yaitu; gel bening bagian dalam yang mengandung 98,5% air dan 1,5% dengan pH 4,5 yang berbentuk semi-padat dan mengandung lipid, monokasariida & polisakarida, vitamin, mineral, enzim dan asam organik yang larut dalam air dan lemak; lapisan tengah lateks yang merupakan getah kuning yang mengandung antrakuinon dan glikosida; dan lapisan kulit luar tebal yang berfungsi sebagai pelindung serta mensintesis karbohidrat dan protein (Surjushe, Vasani, & Saple, 2008).



Gambar 2.2 Struktur Irisan Melintang Daun Lidah Buaya

Tanaman lidah buaya memiliki keistimewaan yang terletak pada gelnya karena mengandung beberapa senyawa sekunder yang kaya akan manfaat seperti saponin, minyak atsiri, asam tanat, lignin, asam salisilat dan sterol. Saponin berguna untuk membersihkan kulit dari kotoran, melembabkan, melembutkan dan menghaluskan kulit. Minyak atsiri dan asam tanat berfungsi sebagai antiinflamasi dan antibakteri. Lignin merupakan pembawa zat penting untuk meresap ke dalam jaringan. Asam salisilat merupakan senyawa yang dapat bekerja sebagai anti peradangan atau penghilang rasa sakit. Sterol bekerja untuk menurunkan kadar kolesterol darah.

Jenis kulit kering pada manusia mengandung kadar air rendah sehingga mengganggu keseimbangan kulit serta menurunnya kelembaban kulit. Untuk menanggapi hal tersebut, maka diperlukan sesuatu untuk melembabkan kulit sehingga dapat mencegah terjadinya dehidrasi kulit. Penggunaan lidah buaya dapat menjadi solusi untuk mengatasi kulit kering karena mengandung antioksidan dan dapat digunakan sebagai gel pelembab (Ariani & Suharsanti, 2018).

Tanaman lidah buaya juga dapat menyembuhkan luka pada kulit akibat terbakar, luka bekas gigitan serangga, gatal dan pembengkakan pada kulit. Hal tersebut dikarenakan tanaman lidah buaya dapat memperbaiki sel-sel kulit rusak secara aktif. Tanaman lidah buaya juga merupakan *detoxifier* yang kuat dan dapat berfungsi sebagai antiseptik pada sistem saraf sehingga dapat digunakan sebagai anti virus dan anti bakteri (Rajeswari et al., 2012).

Sifat kelistrikan pada tanaman lidah buaya dibagi menjadi resistansi dan kapasitansi. Resistansi terjadi saat suatu arus melalui



jaringan *Aloe vera* dan terjadi karena adanya fenomena polarisasi dimana ion-ion yang terdapat pada jaringan bertindak sebagai isolator yang dapat mencegah arus untuk lewat. Kapasitansi terjadi karena kemampuan jaringan untuk menyimpan muatan listrik. Ketika arus dilewatkan melalui jaringan *Aloe vera*, arus listrik akan terisi dan muatan disimpan dalam bentuk energi (Sheikh, Preet, Singh, Singh, & Lehana, 2013). Sifat resistansi pada jaringan terjadi karena kandungan lipid pada *Aloe vera* dalam jumlah besar yang bersifat isolator karena lipid sulit dilewati oleh ion ataupun molekul sedangkan sifat kapasitansi pada jaringan karena banyak mengandung mineral seperti kalsium, magnesium, seng, kromium dan selenium yang apabila terdapat proses elektrolisis maka ia dapat menghasilkan listrik (Kumar, Lohitha, & Shareef, 2015).

## 2.2 Denat Alkohol

Alkohol adalah senyawa yang mengandung satu atau lebih gugus fungsi hidroksil. Terdapat dua jenis alkohol yang biasa digunakan sebagai bahan campuran pada kosmetik yaitu *simple alcohol* dan *fatty alcohol*. *Fatty alcohol* berbentuk padatan atau butiran putih yang berasal dari minyak baik nabati maupun hewani sehingga apabila digunakan pada kulit dapat membuat kulit menjadi lembab. *Simple alcohol* berbentuk cair yang ringan seperti air namun saat digunakan pada kulit dapat menghilangkan minyak dari permukaan kulit sehingga kulit menjadi kering. Namun jenis *simple alcohol* ini sering digunakan dalam produk perawatan kulit karena dapat membuat produk mengeluarkan aroma yang kuat dan mudah larut dalam produk. Salah satu contoh produk *simple alcohol* adalah denaturasi (denat) alkohol.

Dalam kajian biologis, denaturasi merupakan proses dimana protein dan asam nukleat dalam sel kehilangan struktur sekunder dan tersiernya akibat penambahan sebuah pelarut senyawa seperti asam atau basa kuat sehingga sel tersebut mengalami gangguan aktivitas dan menyebabkan sel rusak (Triyono, 2010). Sedangkan pada alkohol atau secara kimiawi, denaturasi alkohol merupakan proses penambahan bahan kimia (denaturan) seperti benzena, metanol, dan piridin pada etanol (etil alkohol) sehingga produk alkohol tersebut tidak dapat dikonsumsi dan hanya digunakan untuk pemakaian luar

tubuh. Denat alkohol digunakan dalam banyak jenis produk perawatan tubuh seperti *make up*, *lotion*, parfum, perawatan kulit dan perawatan kulit. Denat alkohol banyak digunakan pada produk kecantikan karena dapat digunakan sebagai *antimicrobial*, *astringent*, dan sebagai pengantara agar bahan aktif disuatu produk dapat lebih mudah masuk ke dalam kulit.

Denat alkohol berupa cairan bening, berasa pahit, berbau khas, mudah terbakar dan mudah menguap yang artinya alkohol sensitif terhadap suhu. Denat alkohol yang biasa digunakan dalam kosmetik yakni dengan konsentrasi 96%. Etanol yang digunakan dalam pembuatan denat alkohol merupakan hasil fermentasi buah-buahan ataupun gandum dengan ragi. Struktur alkohol hampir sama dengan air sehingga alkohol (R-OH) mudah tercampur dan larut terhadap air (H-OH).

Alkohol bekerja sebagai anti mikroba dengan mekanisme mendenaturasi protein dan akan lebih cepat reaksinya jika alkohol dicampur air sehingga apabila alkohol dimasukkan ke dalam gel lidah buaya akan mematikan bakteri yang akan timbul apabila lidah buaya diletakkan di suhu kamar (Wahyuni, Herliawati, & Purnamasari, 2013). *Astringent* berarti ‘mengikat cepat’ sehingga *astringent* merupakan suatu zat yang dapat membuat suatu jaringan mengkerut. Sifat denaturasi alkohol dalam preservasi jaringan dapat menyebabkan efek *shrinking* (penyusutan) yang mengakibatkan kerusakan jaringan akibat sel-sel yang mengkerut. Efek denaturasi pada kerusakan jaringan diawali dengan sitoplasma sediaan yang menjadi keburaman (Nuralim, Rahayu, & Bekti, 2017).

Kandungan denat alkohol dalam kosmetik biasanya hanya berkisar 4% - 5% dari komposisi pembuatan kosmetik. Penggunaan kosmetik yang mengandung denat alkohol secara rutin serta kandungan yang melebihi batas normal dapat menimbulkan efek samping seperti kulit kehilangan kelembaban, iritasi, dan mengelupas.

Alkohol juga digunakan sebagai emulgator pada krim dalam kosmetik. Emulgator merupakan zat pengemulsi yang dapat mengurangi tegangan permukaan pada suatu larutan. Dalam krim kosmetik denat alkohol dapat mengabsorpsi air dan dapat bersifat sebagai pengemulsi sehingga dapat meningkatkan stabilitas sifat emoliennya dan juga dapat memperbaiki tekstur (Fahrnisa, 2018).

Alkohol terdiri dari oksigen dan hidrogen serta tergolong ke dalam asam lemah karena perbedaan sifat keelektronegatifan antara oksigen dan hidrogen pada gugus hidroksil sehingga hidrogen mudah terlepas. Alkohol merupakan pelarut terbaik untuk semua senyawa. Alkohol dapat mempengaruhi jumlah senyawa aktif yang terkandung dalam zat terlarut dan dapat mempengaruhi polaritas larutan. Alkohol bersifat polar karena memiliki gugus -OH dan termasuk dalam pelarut polar. Pada molekul polar, terjadi perbedaan elektronegativitas antar atom sehingga dapat membentuk dipol listrik dan terjadi pemisahan muatan positif dan muatan negatif (Arifianti et al., 2014). Alkohol denat berasal dari etanol ( $C_2H_5OH$ ) yang terdenaturasi sehingga memiliki momen dipol listrik. Denat alkohol dapat menurunkan tegangan permukaan pada membran sel karena alkohol memiliki sifat hidrofilik (suka air) sedangkan membran bersifat hidrofobik (takut air) sehingga kemampuan membran untuk menahan atau menghambat ion-ion tertentu yang akan melalui sel akan berkurang.

Apabila dibandingkan dengan air, alkohol memiliki suhu dan tekanan kritis yang lebih rendah. Tekanan kritis merupakan titik suhu antara fase cairan dan uap yang tidak bisa dibedakan. Karenanya, alkohol lebih mudah dan cepat bereaksi dan mudah larut. Selain itu, konstanta dielektrik alkohol juga lebih rendah dibandingkan air (Sembodo, Dwi, Santoso, & Jati, 2015).

### **2.3 Biolistrik**

Sejak abad ke-18, fenomena biofisika pada tanaman mulai dipelajari terutama mengenai sifat kelistrikannya. Sel pada organ biologis dapat menghasilkan arus listrik. Pada tanaman, sifat kelistrikan berfungsi sebagai elektrostimulan yang digunakan sebagai saluran ion dan transpor ion, ekspresi gen, aktivasi enzim, pensinyalan listrik, pergerakan tanaman, penyembuhan luka dan pertumbuhan tanaman (Volkov & Shtessel, 2017).

Biolistrik merupakan sebuah energi yang dimiliki oleh seluruh makhluk hidup yang bersumber dari Adenosine Tri Phosphate (ATP). ATP dihasilkan oleh organel mitokondria melalui proses respirasi sel. Biolistrik merupakan suatu fenomena sel, dimana sel dalam tubuh mampu menghasilkan potensial listrik yang merupakan muatan positif pada bagian luar sel dan muatan negatif pada bagian

repository.ub.ac.id

dalam sel. Biolistrik merupakan ilmu yang mempelajari tentang kelistrikan yang dihasilkan oleh organ tubuh makhluk hidup. Kelistrikan tersebut berkaitan dengan muatan dan ion yang berasal dari dalam tubuh, medan listrik yang dihasilkan dari muatan dan ion dari dalam tubuh, serta tegangan yang dihasilkan dari medan listrik tersebut (Astawa, 2014).

Terdapat hukum fisika yang berkaitan dengan biolistrik yaitu Hukum Ohm dan Hukum Joule. Hukum Ohm berkaitan dengan perbedaan potensial antara ujung konduktor yang berbanding lurus dengan arus yang melewatinya dan berbanding terbalik dengan tahanan dari konduktor. Dalam rumusan matematik, Hukum Ohm dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} \quad (2.1)$$

dimana,  
R = tahanan / hambatan ( $\Omega$ )  
V = tegangan / potensial (V)  
I = arus (A)

## 2.4 Dielektrik

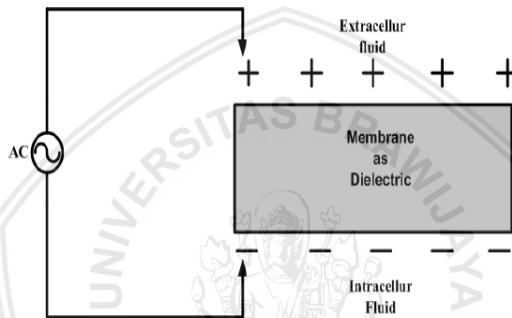
Kapasitor merupakan piranti elektronika yang mampu menyimpan muatan listrik atau biasa disebut kapasitansi. Nilai kapasitansi sebuah kapasitor ditentukan oleh bahan dielektrik yang digunakan. Resistansi Listrik adalah kemampuan suatu bahan benda untuk menghambat atau mencegah aliran arus listrik (Gulita, Trihandaru, & Shanti, 2005).

Dielektrik merupakan suatu bahan yang memiliki kemampuan untuk menghantarkan arus listrik (memiliki daya hantar listrik) yang sangat kecil atau biasa disebut bahan isolator. Sifat dielektrik dapat menjelaskan kemampuan suatu bahan untuk menyimpan, meneruskan, dan memantulkan energi dari gelombang elektromagnetik (Gulita et al., 2005). Selain itu, sifat dielektrik juga merupakan parameter penting yang dapat memberikan informasi mengenai interaksi suatu bahan dengan energi elektromagnetik (Wardani, Widodo, & Saroja, 2014).

Sebagian besar bahan biologis merupakan bahan dielektrik. Terdapat beberapa variabel yang mempengaruhi karakteristik biolistrik suatu bahan, diantaranya adalah frekuensi, kelembaban,

kerapatan, berat jenis bahan, temperatur, dimensi dari bahan, faktor loss dielektrik dan komposisi bahan. Berdasarkan karakteristik biolistrik yang dimiliki suatu bahan dielektrik maka dapat diamati impedansi, kapasitansi, induktansi, konstanta dielektrik dan konduktivitas listrik.

Dalam peralatan elektronik, bahan isolator sangat diperlukan untuk memisahkan dua atau lebih penghantar listrik bertegangan agar antara penghantar tersebut tidak terjadi percikan api atau yang biasa disebut lompatan listrik. Kekuatan dielektrik dapat didefinisikan ukuran ketahanan suatu bahan atau material terhadap tegangan tinggi tanpa berakibat terjadinya kedadalan listrik (*electrical breakdown*) (Umiati, 2009).



Gambar 2.3 Analogi Membran Sel sebagai Komponen Dielektrik

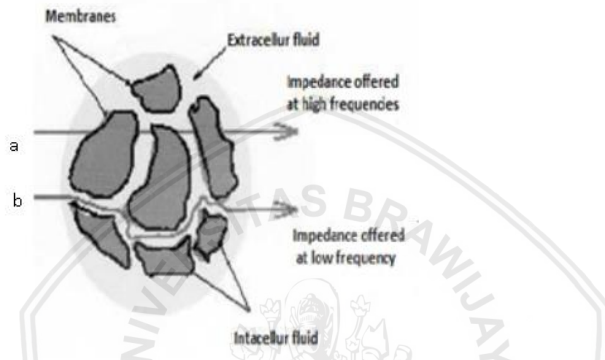
Selain bersifat resistif, gel lidah buaya memiliki sifat seperti kapasitor elektrolit pada umumnya yaitu memiliki dua kaki yang bernilai positif (+) dan negatif (-). Saat sel dilalui arus, elektron-elektron yang bergerak akan memenuhi cairan ekstraseluler dan cairan intraseluler terlebih dahulu. Cairan ekstraseluler akan bersifat positif (bentuk kepolarannya) dan cairan intraseluler akan bersifat negatif, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Sharma, Singh, & Lehana, 2012).

## 2.5 Bioimpedansi

Impedansi pada rangkaian arus searah merupakan perbandingan antara tegangan dan arus, atau dengan kata lain impedansi merupakan ukuran kekuatan suatu rangkaian untuk menghambat listrik. Karakteristik dan besarnya nilai impedansi

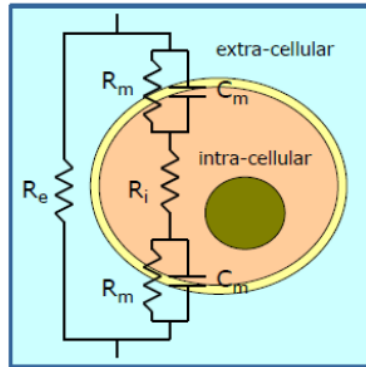
bergantung pada beberapa faktor yaitu jenis, struktur, komposisi, perilaku, dan perubahan terhadap waktu yang mungkin terjadi pada jaringan (Ardiawan, 2014).

Bioimpedansi merupakan istilah yang biasa digunakan untuk menjelaskan studi jaringan biologis yang mengalami eksitasi listrik internal. Bioimpedansi digunakan untuk mengetahui sifat kelistrikan dari jaringan biologis dengan cara menginduksikan arus sehingga memperoleh nilai yang akan digunakan untuk mengetahui fisiologis dari suatu bahan (Belmont, Dodde, & Shih, 2013).



Gambar 2.4 Analogi Saat Arus Melewati Membran Sel pada Frekuensi Tinggi (a) dan pada Frekuensi Rendah (b)

Salah satu faktor yang mempengaruhi aliran arus yang melalui sel biologis adalah frekuensi arus yang diberikan. Dimana pada frekuensi rendah aliran listrik tidak melalui intraseluler sel melainkan melalui ekstraseluler sel (tidak menembus sel) sedangkan pada frekuensi tinggi aliran listrik akan lurus menembus intraseluler sel. Pada Gambar 2.4 Terlihat bahwa arus tidak akan menembus membran sel yang bersifat kapasitif kecuali pada frekuensi tertentu (frekuensi tinggi) (Sharma et al., 2012).



Gambar 2.5 Rangkaian Ekuivalen pada Membran sel

Pada rangkaian listrik, membran sel berperilaku seperti kapasitor dan resistor dimana nilai R dan C nya berkaitan dengan sifat membran sel dan banyaknya ion yang terkandung. Permodelan membran sel dalam kombinasi parallel dari  $C_m$  dan  $R_m$  dideskripsikan seperti pada elemen Maxwell-Wagner dimana  $C_m$  adalah kapasitansi membran lapisan ganda,  $R_i$  adalah resistansi di dalam sel (intraseluler sel), dan  $R_e$  adalah resistansi di luar sel (ekstraseluler sel), dan  $R_m$  adalah resistansi membran sel (Putri, Sulistya, & Santoso, 2017).

Besarnya impedansi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu resistansi, reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif sehingga dapat dituliskan menjadi :

$$Z = \sqrt{R^2 + (Xl - Xc)^2} \tag{2.4}$$

$$Xl = \omega L \tag{2.5}$$

$$Xc = \frac{1}{\omega c} \tag{2.6}$$

$$\omega = 2\pi f \tag{2.7}$$

(Listiyatrini, 2018).

Nilai Z pada persamaan 2.4 adalah pada kondisi rangkaian seri dan saat semua komponen baik  $R$ ,  $Xl$ , dan  $Xc$  diketahui. Pada rangkaian ekuivalen membran, tidak terdapat komponen induktansi sehingga tidak memiliki nilai  $Xl$  maka persamaannya akan lebih



repository.ub.ac.id

sederhana. Komponen C menjadi bagian dari nilai impedansi karena sifat kapasitor yang menyimpan muatan akan mengurangi arus yang mengalir pada suatu rangkaian sehingga bersifat sebagai penghambat. Penurunan rumus Z dinyatakan pada persamaan di bawah ini:

$$Z = R + jX \quad (2.8)$$

$$Z^* = R - jX \quad (2.9)$$

$$Z^2 = (R + jX)(R - jX) \quad (2.10)$$

$$Z^2 = R^2 + jXR - jXR - i^2X^2 \quad (2.11)$$

$$Z^2 = R^2 - i^2X^2 \quad \text{dimana nilai } -i^2 = 1 \quad (2.12)$$

$$Z^2 = R^2 + X^2 \quad (2.13)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} \quad (2.14)$$

$$R = Z \cdot \cos\theta \quad (2.15)$$

$$X = Z \cdot \sin\theta \quad (2.16)$$

Impedansi merupakan kuantitas kompleks (Z). Bentuk gelombang secara praktis menunjukkan karakteristik magnitudo dan fase. Bagian real dari impedansi adalah resistansi R dan bagian imajiner adalah reaktansi X dan  $\theta$  merupakan sudut fase saat gelombang beresilasi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sharma dkk tahun 2012 mengenai impedansi listrik pada daun *Aloe Barbadensis Miller*, nilai impedansi berkurang dengan meningkatnya frekuensi. Pada sekitar 1 MHz, jaringan tidak lagi memiliki resistansi. Pada frekuensi di bawah 5 kHz arus hanya bergerak melalui jaringan ikat daun lidah buaya. Pada sekitar 5 kHz, arus mulai menembus lapisan luar sel. Kemampuan arus menembus jaringan terus meningkat secara bertahap hingga frekuensi sekitar 20 kHz. Pada frekuensi 20 kHz hingga 1 MHz arus dapat menembus sel dengan sempurna. Nilai impedansi berdasarkan frekuensi menghasilkan fungsi nonlinear (Sharma et al., 2012).



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2018 sampai dengan bulan April 2019 di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

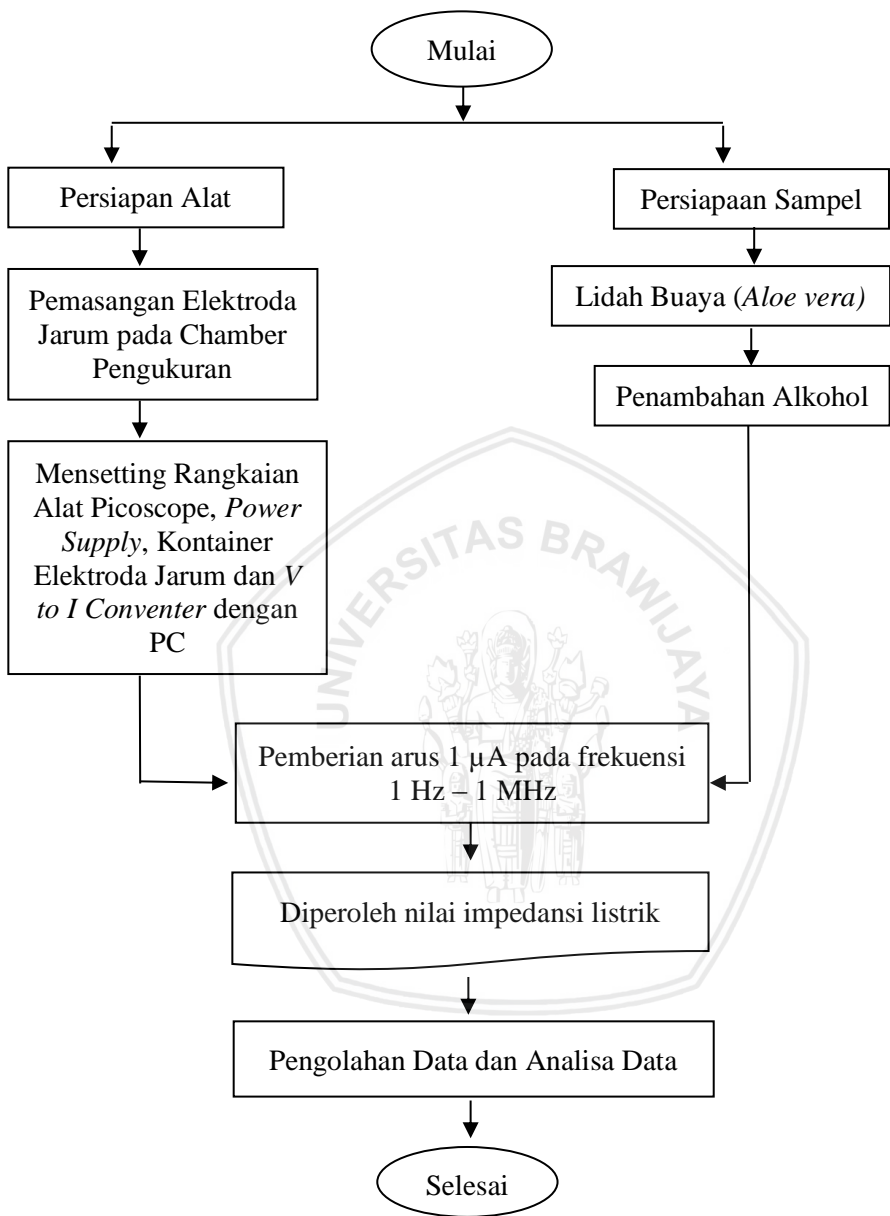
Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu Picoscope S5000, *V to I Converter*, *power supply*, kontainer, laptop, pengaduk, wadah pengaduk, gelas ukur, saringan, dan jarum suntik. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanaman lidah buaya (*Aloe vera*) dan denat alkohol.

#### 3.3 Tahapan Penelitian

Penelitian mengenai Pengukuran Impedansi Listrik terhadap penambahan alkohol pada gel lidah buaya (*Aloe vera*) membutuhkan beberapa tahapan. Tahapan yang pertama dimulai dengan studi literatur mengenai bahan yang akan digunakan, kemudian tahapan persiapan. Tahapan persiapan terdiri dari persiapan sampel dan persiapan alat. Setelah sampel dan alat siap, dilakukan pengukuran dengan sistem akuisi data yang digunakan. Tahap pengelolaan data meliputi perhitungan nilai impedansi dengan rentang frekuensi 1 Hz – 1 MHz. Nilai impedansi yang diperoleh dianalisa sehingga didapatkan hasil penelitian.

##### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian yang akan dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu persiapan alat dan persiapan sampel yang disajikan dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1.

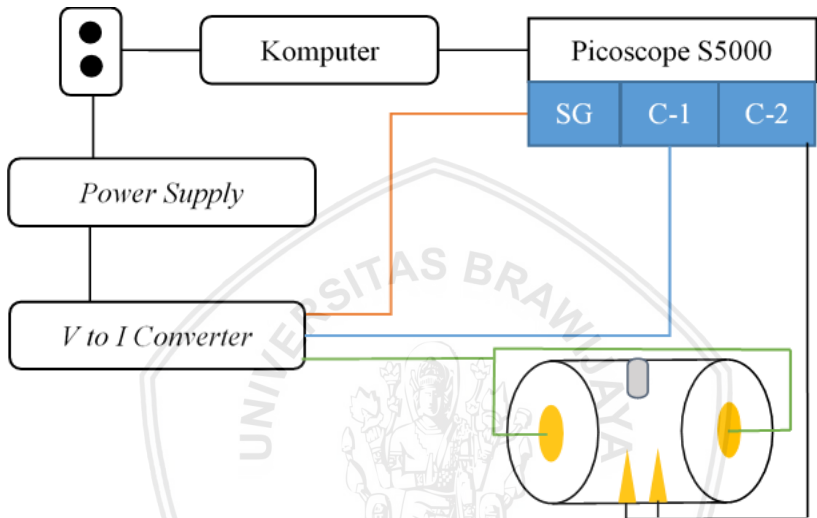


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.3.2 Persiapan Alat

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan dalam persiapan alat yaitu desain rangkaian sistem pengukuran seperti pada Gambar 3.2.

#### a. Desain Rangkaian Sistem Pengukuran



Gambar 3.2 Diagram Sistem Pengukuran

Piranti utama yang digunakan dalam rangkaian percobaan ini adalah Picoscope (S5000). Terdapat dua channel dengan pembangkit tegangan AC yang termasuk kedalam sistem data seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Frekuensi yang dapat digunakan dalam piranti ini yaitu hingga 20 MHz dan dapat dikendalikan melalui software pada komputer dan dihubungkan ke *V to I Converter* melalui Signal Generator pada Picoscope.

#### b. Perakitan Kontainer Pengukuran

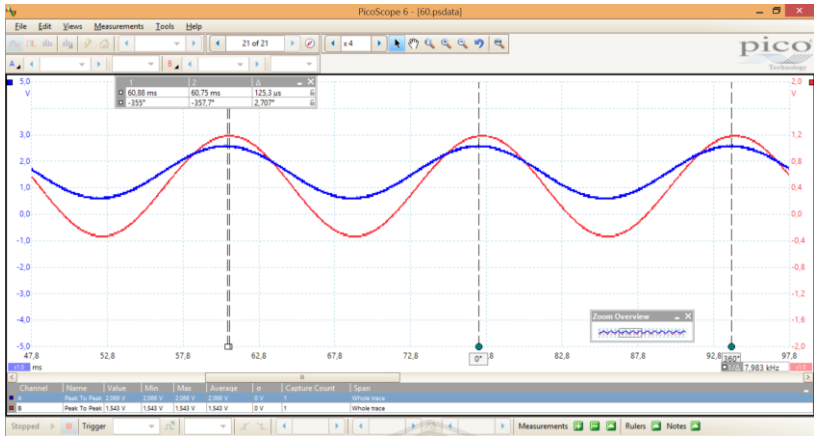
Kontainer yang digunakan dalam penelitian ini merupakan elektroda jarum dengan beberapa bagian yaitu satu buah tabung sebagai bagian utama pada kontainer yang memiliki dua elektroda jarum pada bagian bawah nya serta memiliki dua buah tutup dibagian

repository.ub.ac.id

sisi kanan dan kirinya yang masing-masing tutup memiliki satu buah elektroda jarum. Elektroda yang digunakan berdiameter 0,1 cm dan dilapisi emas seperti pada Gambar 3.2. Kedua tutup tabung memiliki diameter luar 2,8 cm dan diameter dalam tabung 0,7 cm. Pada tabung terdapat diameter lubang pada bagian atas tabung yaitu sebesar 0,4 cm diman jarak antar elektroda pada tabung sebesar 0,6 cm. Tabung dan kedua tutupnya dipasang dan direkatkan oleh penyangga pada rangkaian kontainer yang dapat disesuaikan kerapatannya sehingga menjadi rangkaian kontainer elektroda jarum. Elektroda yang berada pada bagian tutup kanan dan kiri kontainer dihubungkan menggunakan kabel penghubung agar kontainer yang berisi sampe terhubung dengan *V to I converter* dan Picoscope.

### c. Sistem Akuisisi data

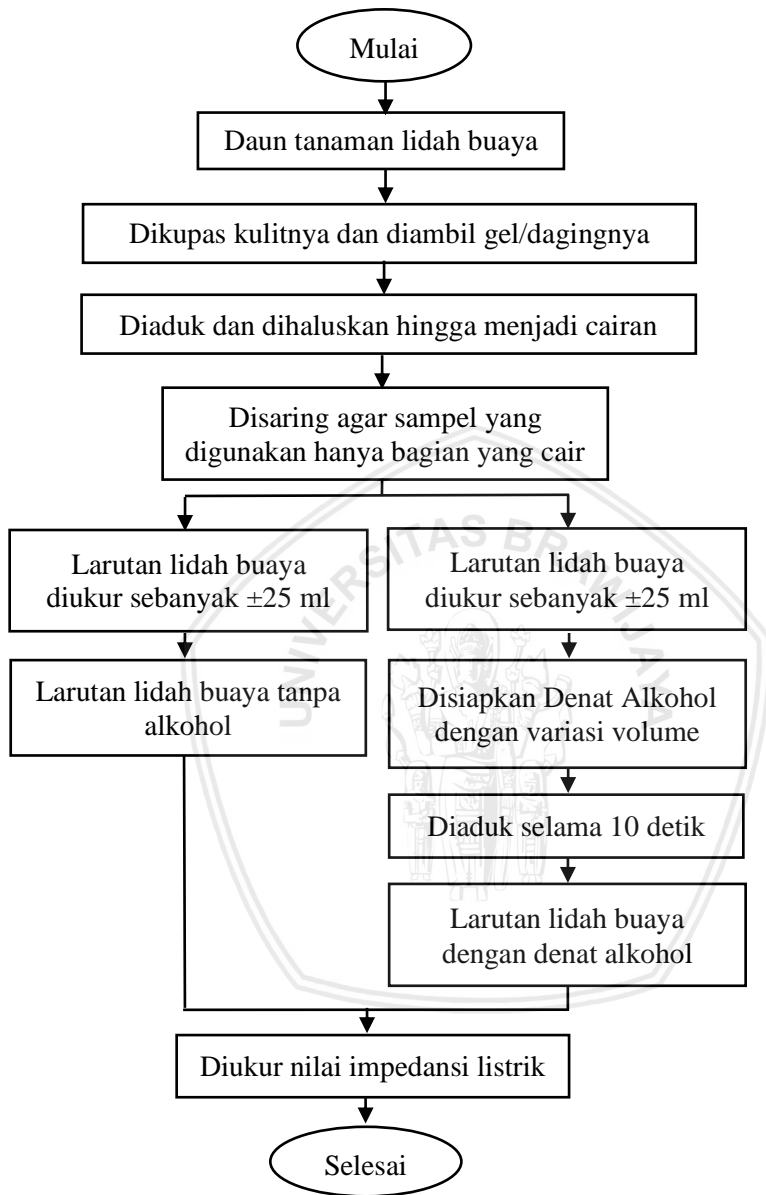
Pada penelitian ini, sistem utama yang digunka dalam pengukuran impedansi listrik adalah Picoscope S5000 yang memiliki dua channel dan satu *signal generator*. Terdapat pembangkit tegangan AC berfrekuensi tinggi dalam rangkaian Picoscope yaitu hingga 20 MHz. Amplitudo dan frekuensi dapat diatur menggunakan *software* yang berada pada komputer. Rangkaian *V to I converter* digunakan untuk merubah tegangan menjadi arus yang akan diinjeksikan pada sampel menggunakan elektroda jarum. *Signal generator* digunakan sebagai pemberi tegangan sebesar 1 volt dengan rentang frekuesnsi 1 Hz – 20 MHz, dalam pengukuran ini yaitu pada frekuensi 1 Hz – 1 MHz. Selain itu, *signal generator* pada Picoscope akan memberikan nilai masukan (input) pada Channel 1 Picoscope berupa tegangan masukan yang berupa gelombang sinusoidal yang ditampilkan melalui *software* pada komputer. Nilai keluaran (output) berupa tegangan hasil pengukuran elektroda jarum yang telah dikuatkan oleh rangkaian *V to I converter*. Channel 2 Picoscope berfungsi untuk mengetahui hasil tegangan output yang ditampilkan dari hasil pengukuran elektroda jarum dalam bentuk gelombang sinusoidal. Tampilan gelombang yang dihasilkan dari sinyal input dan sinyal output ditunjukkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Tampilan Hasil Pengukuran Picoscope

### 3.3.3 Persiapan Sampel

Alur persiapan sampel ditunjukkan pada Gambar 3.4 dimana sampel yang akan digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu larutan gel tanaman lidah buaya tanpa alkohol dan larutan gel tanaman lidah buaya dengan denat alkohol.



Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan Sampel

repository.ub.ac.id

Pada pembuatan sampel gel tanaman lidah buaya tanpa alkohol, daun lidah buaya dikupas kulitnya dan dihaluskan lalu diukur nilai impedansi listrik pada bahan. Pada pembuatan sampel gel tanaman lidah buaya dengan penambahan denat alkohol yaitu disiapkan variasi volume alkohol sebanyak 1% - 10% dengan jumlah total 25 ml. Kemudian masing-masing variasi volume diukur nilai impedansi listriknya.

Pembuatan gel lidah buaya yang telah ditambahkan alkohol dengan konsentrasi yang berbeda ditentukan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Volume Lidah Buaya dan Alkohol untuk Setiap Konsentrasi Sampel

Konsentrasi Sampel	Volume Lidah Buaya (ml)	Volume Alkohol (ml)
0%	25,00	0
1%	24,75	0,25
2%	24,50	0,50
3%	24,25	0,75
4%	24,00	1,00
5%	23,75	1,25
6%	23,50	1,50
7%	23,25	1,75
8%	23,00	2,00
9%	22,75	2,25
10%	22,50	2,50

Setelah penambahan denat alkohol pada gel lidah buaya kemudian diletakkan pada chamber pengukuran untuk mengetahui nilai impedansi dari setiap konsentrasi dengan pengulangan sebanyak 3 kali.

### 3.3.4 Pengambilan Data

Pengukuran impedansi listrik pada penelitian ini menggunakan piranti berupa Picoscope S5000 tipe 5422B. Picoscope dilengkapi dengan dua channel dan memiliki pembangkit tegangan

AC dengan frekuensi maksimal 20 MHz. Besar frekuensi dan amplitudo dapat diubah dan diatur sesuai kebutuhan menggunakan *software* pada komputer. *Power supply* diatur untuk memberikan tegangan sebesar 1 volt. *V to I converter* diinjeksikan pada sampel yang diukur dengan elektroda jarum. Channel 1 pada Picoscope digunakan untuk membaca tegangan masukan (input) yang diberikan dari *signal generator*. Channel 2 berfungsi untuk membaca tegangan keluaran (output) sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk gelombang sinusoidal.

Pengukuran yang dilakukan yaitu terhadap nilai impedansi sampel gel lidah buaya untuk setiap penambahan volume alkohol serta pengukuran gel lidah buaya tanpa penambahan alkohol. Frekuensi yang digunakan yaitu pada rentang 1 Hz – 1 MHz dan masing-masing pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan untuk setiap frekuensinya.

### 3.3.5 Analisis Data

Hasil pengukuran pada computer akan berupa gelombang sinusoidal, nilai tegangan total dapat diketahui dengan persamaan 3.1

$$V = \frac{V_{pp}}{2} \quad (3.1)$$

dimana,  $V$  = tegangan total (V)  
 $V_{pp}$  = tegangan peak to peak  
 = ( $V_{atas}$  -  $V_{bawah}$ )

Setelah diketahui nilai impedansi tegangan total pada computer, nilai impedansi pada sampel dapat dihitung dengan persamaan 3.2

$$Z = \frac{V}{I} \quad (3.2)$$

dimana,  $Z$  = impedansi listrik ( $\Omega$ )  
 $V$  = tegangan (V)  
 $I$  = injeksi arus (A)



repository.ub.ac.id

Dengan mengatur beberapa plot pada aplikasi Picoscope, dapat diketahui nilai sudut fase pada gelombang. Besar sudut yang diperoleh menunjukkan besar nilai real dan imajiner pada impedansi karena impedansi merupakan kuantitas kompleks ( $Z$ ).

$$Z = R + jX \quad (3.3)$$

$$R = Z \cdot \cos\theta \quad (3.4)$$

$$X = Z \cdot \sin\theta \quad (3.5)$$

Dimana bagian real dari impedansi adalah resistansi  $R$  dan bagian imajiner adalah reaktansi  $X$  dan  $\theta$  adalah sudut fase gelombang.



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB IV

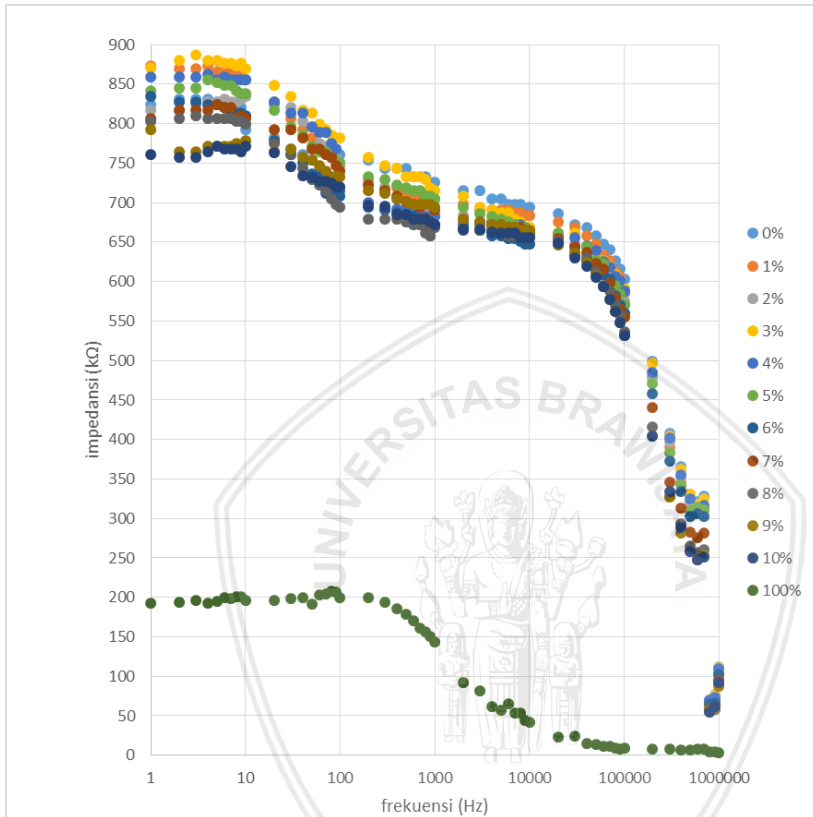
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hubungan Frekuensi terhadap Impedansi Listrik

Pengukuran impedansi yang dilakukan pada gel lidah buaya dengan menggunakan 4 elektroda menghasilkan data berupa tegangan masukan (input) dan tegangan keluaran (output) yang berbentuk gelombang sinusoidal sehingga merupakan tegangan *peak to peak* (Vpp). Pada pengukuran impedansi listrik gel lidah buaya diinjeksikan arus sebesar 1  $\mu\text{A}$  karena bahan mengandung sel biologis yang mana sensitif terhadap rangsangan listrik. Dengan arus 1  $\mu\text{A}$ , gelombang yang dihasilkan stabil dan tegangan keluaran dapat terdeteksi dengan baik. Apabila menggunakan arus yang 10  $\mu\text{A}$  atau lebih maka gelombang yang dihasilkan tidak stabil dan tidak berbentuk sinusoidal dan pada frekuensi tinggi terjadi *cut off*.

Pengukuran menggunakan sampel lidah buaya dengan konsentrasi alkohol 1%; 2%; 3%; 4%; 5%; 6%; 7%; 8%; 9%; dan 10%. Nilai impedansi bahan gel lidah buaya bergantung pada besarnya frekuensi yang diberikan. Semakin tinggi frekuensi maka semakin kecil nilai impedansi listrik suatu bahan. Pada frekuensi rendah (1 Hz - 100 Hz) besarnya impedansi tidak stabil tiap sampelnya dan pada frekuensi sedang (200 Hz – 10 kHz) nilai impedansi lebih stabil sedangkan pada frekuensi tinggi (20 kHz – 700 kHz) nilai impedansi menurun tajam. Hal tersebut menunjukkan sifat resistif pada gel lidah buaya dan terjadi karena pada frekuensi rendah arus tidak dapat menembus membran sel yang bersifat seperti kapasitor sehingga hanya mampu melalui cairan ekstrasel (di luar sel) sedangkan pada frekuensi sedang kemampuan membran sel untuk menghambat arus mulai menurun perlahan dan pada frekuensi yang lebih tinggi membran sel sudah tidak dapat menahan arus yang lewat dan cenderung meloloskan arus yang melalui sel. Pada frekuensi sangat tinggi (800 kHz – 1 MHz) terjadi ketidakstabilan pada pengukuran yang disebabkan karena kemampuan maksimum dari rangkaian alat yang telah dilampaui dan kemampuan alat yang terbatas pada frekuensi dibawah 1 MHz dimana hal tersebut menghasilkan tegangan masukan jauh dibawah 2 V sehingga nilai tegangan keluaran yang

dihasilkan menjadi sangat kecil dan gelombang yang dihasilkan tidak sinusoidal. Terlihat pada Gambar 4.1 bahwa nilai impedansi semakin menurun secara logaritmik sesuai dengan penambahan frekuensi.



Gambar 4.1 Hubungan Frekuensi terhadap Impedansi

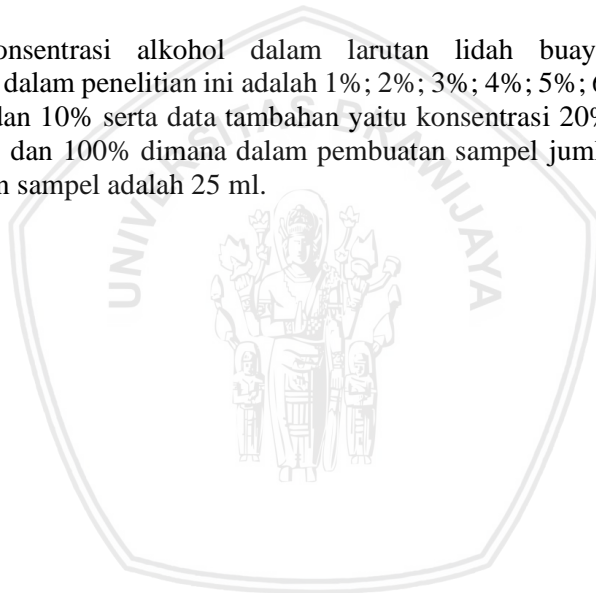
Pengukuran alkohol 100% (tidak ada lidah buaya) juga dilakukan dengan arus  $1 \mu\text{A}$ . Berdasarkan Gambar 4.1, perilaku alkohol 100% juga menunjukkan bahwa pada frekuensi rendah (1 – 300 Hz) besar impedansi cenderung stabil yaitu antara 191,4 kΩ – 208,1 kΩ. Pada frekuensi 400 Hz – 1 MHz, impedansi semakin menurun seiring pertambahan frekuensi yaitu 186,1 kΩ sampai dengan 3,31 kΩ.

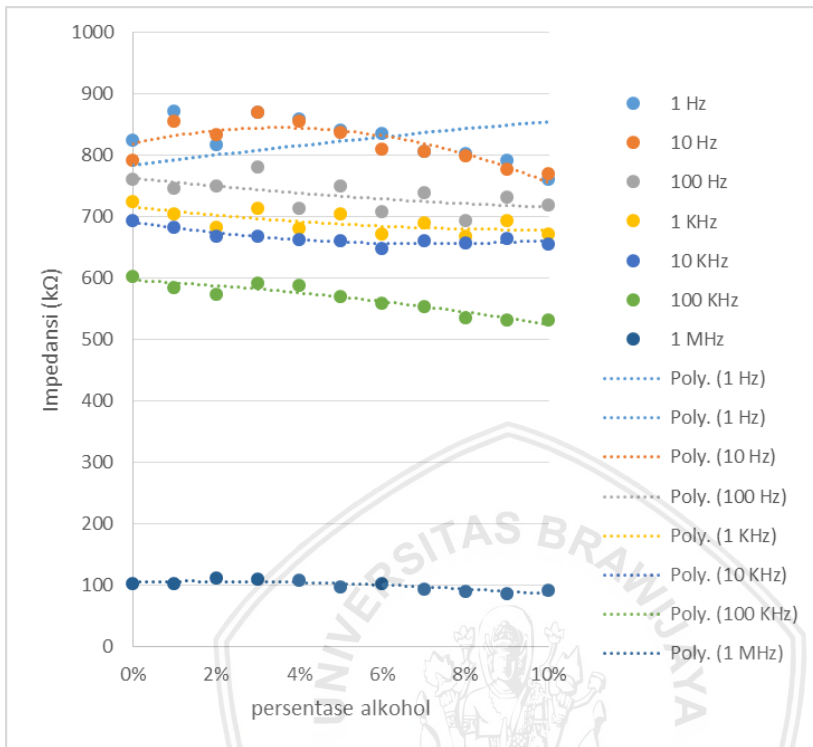
repository.ub.ac.id

Hasil pengukuran yang ditunjukkan pada gambar 4.1 sesuai dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Sharma dkk tahun 2012 mengenai impedansi listrik pada daun *Aloe Barbadensis Miller* (*Aloe vera*) dimana nilai impedansi berkurang seiring dengan meningkatnya frekuensi dan pada frekuensi di bawah 5 kHz nilai impedansi besar karena arus tidak dapat menembus membran sel yang bersifat kapasitif sedangkan pada frekuensi diatas 20 kHz arus telah mampu melewati membran sel karena sel tidak lagi memiliki sifat resistansi.

#### **4.2 Hubungan Konsentrasi Alkohol terhadap Impedansi Listrik**

Konsentrasi alkohol dalam larutan lidah buaya yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1%; 2%; 3%; 4%; 5%; 6%; 7%; 8%; 9%; dan 10% serta data tambahan yaitu konsentrasi 20%; 40%; 60%; 80% dan 100% dimana dalam pembuatan sampel jumlah total dari larutan sampel adalah 25 ml.

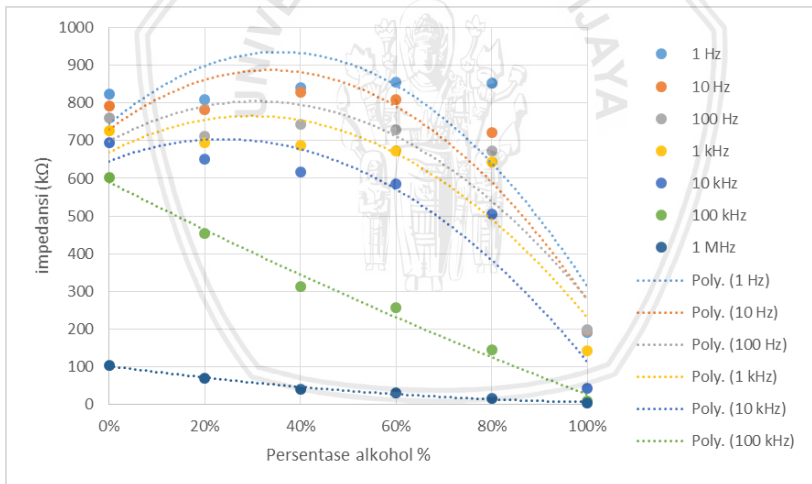




Gambar 4.2 Hubungan Impedansi terhadap Konsentrasi Alkohol dalam Sampel 0% - 10%

Hasil pengukuran nilai impedansi listrik pada gel lidah buaya dalam penelitian ini dipengaruhi oleh penambahan suatu bahan (alkohol) pada sampel. Gambar 4.2 merupakan grafik pengukuran impedansi listrik yang menunjukkan bahwa gel lidah buaya mengandung sifat kelistrikan dimana terdapat sifat resistansi dan konduktansi yang nilainya berbeda-beda bergantung dengan variasi konsentrasi alkohol pada sampel. Untuk sampel dengan kandungan alkohol 0% - 10%, pada frekuensi 1 Hz - 100 Hz nilai impedansi untuk penambahan volume alkohol tidak terbentuk pola linear dikarenakan pada frekuensi kecil arus belum dapat menembus membran sel sehingga nilai impedansi yang diperoleh tidak konstan. Pada frekuensi 1 kHz - 1 MHz, semakin tinggi konsentrasi alkohol pada sampel maka nilai impedansi listrik menurun. Hal tersebut terjadi karena dalam

pencampuran alkohol mengakibatkan sampel lidah buaya menjadi lebih aktif dan cairan ekstraseluler sel dan intraseluler sel terisi oleh alkohol atau terjadi peristiwa osmosis sehingga nilai resistansi dan kapasitansi pada membran sel akan berkurang. Denat alkohol juga dapat menurunkan tegangan permukaan pada membran sel karena alkohol memiliki sifat hidrofilik (suka air) sedangkan membran bersifat hidrofobik (takut air) sehingga kemampuan membran untuk menahan atau menghambat ion-ion tertentu yang akan melalui sel akan berkurang. Pada frekuensi 1 MHz, besar impedansi pada masing-masing sampel menunjukkan ketidakstabilan dikarenakan saat pengambilan data pada frekuensi  $\geq 800$  kHz gelombang yang dihasilkan picoscope tidak berbentuk sinus dan nilai tegangan input tidak  $\pm 2$  volt. Hal tersebut dikarenakan kemampuan alat yang hanya mencapai frekuensi maksimum 1 MHz sehingga apabila mendekati frekuensi maksimal maka memiliki probabilitas error yang besar. Semakin besar kemiringan grafik maka semakin besar pengaruh penambahan alkohol pada gel lidah buaya.



Gambar 4.3 Hubungan Impedansi terhadap Konsentrasi Alkohol dalam Sampel Tambahan

Pada Gambar 4.3 menunjukkan nilai impedansi pada konsentrasi alkohol dalam sampel 0% - 100%. Pola grafik pada

frekuensi rendah yaitu 1 Hz – 100 Hz, nilai impedansi cenderung naik turun dan belum stabil pada sampel dengan konsentrasi alkohol 0% - 80% namun menurun tajam pada konsentrasi 100%. Hal tersebut menunjukkan bahwa alkohol 100% tidak memiliki membran sel yang bersifat menghambat laju arus karena bersifat sebagai resistor dan kapasitor. Pola grafik menurun sudah terlihat pada frekuensi 1 kHz namun penurunan yang signifikan baru terlihat pada frekuensi lebih dari 100 kHz sehingga grafik menurun seiring dengan penambahan konsentrasi alkohol.

Perbedaan nilai impedansi pada sampel gel lidah buaya yang telah ditambahkan beberapa variasi volume alkohol mengalami perubahan baik dari segi fisika, kimia, maupun biologi. Secara biologis sebagai zat antimikroba, alkohol bersifat astringent atau zat yang dapat membuat suatu jaringan/sel menjadi mengkerut sehingga sel/jaringan mengalami efek shrinking (menyusut) dan akan terisi oleh alkohol. Kerusakan jaringan diawali dengan sitoplasma pada sel yang menjadi buram kemudian jumlah cairan pada sitoplasma yang berkurang dan sel menjadi mengkerut. Pada keadaan sel yang hipertonik maka tegangan permukaan pada membran sel akan berkurang. Transportasi sel antara kepekatan larutan sitoplasma yang rendah ke larutan yang lebih pekat (proses osmosis) melalui membran semi permeabel mengakibatkan kondisi hipertonik pada sel sehingga berpengaruh pada nilai resistansi dan kapasitansi sel yang dipengaruhi oleh kondisi sel.

Membran sel terdiri dari berbagai jenis lipid seperti fosfolipid, oligosakarida, glikolipid, dan kolesterol dimana lipid merupakan bahan isolator karena sulit ditembus oleh ion/molekul. Apabila sel berada dalam keadaan hipertonik, membran sel tidak melakukan fungsinya sebagai isolator sehingga arus dapat melewati sel dan sel bersifat kapasitif atau dapat menghantarkan arus.

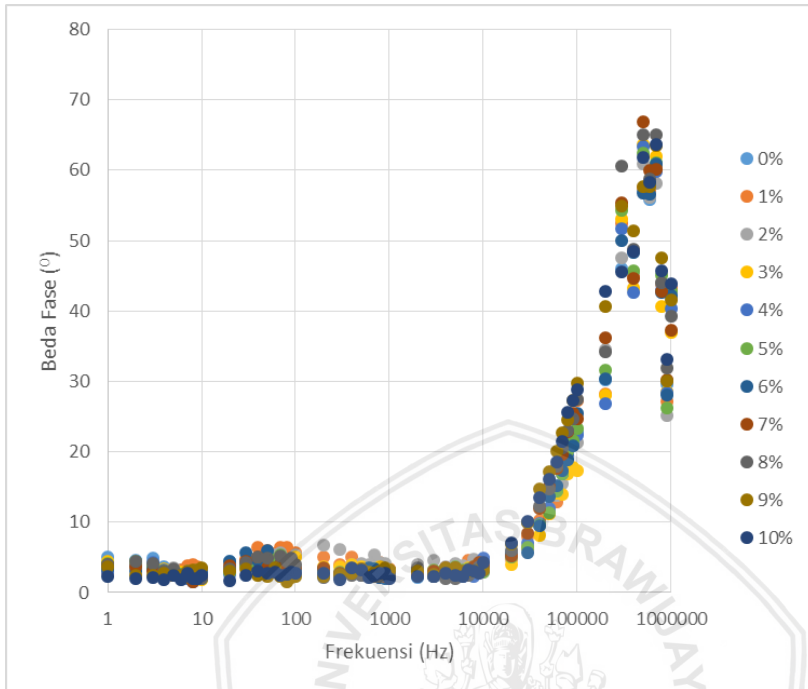
Baik secara fisika maupun kimia, kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik berbanding lurus dengan kemampuan molekul pada suatu bahan tersebut untuk terurai menjadi ion. Pada konsentrasi alkohol dalam sampel 80% terlihat jelas bahwa alkohol dapat mengionkan molekul pada gel lidah buaya sehingga membran pada gel lidah buaya yang awalnya sulit dilalui arus dapat dengan mudah melewati membran.



### 4.3 Hubungan Beda Fase terhadap Impedansi Listrik

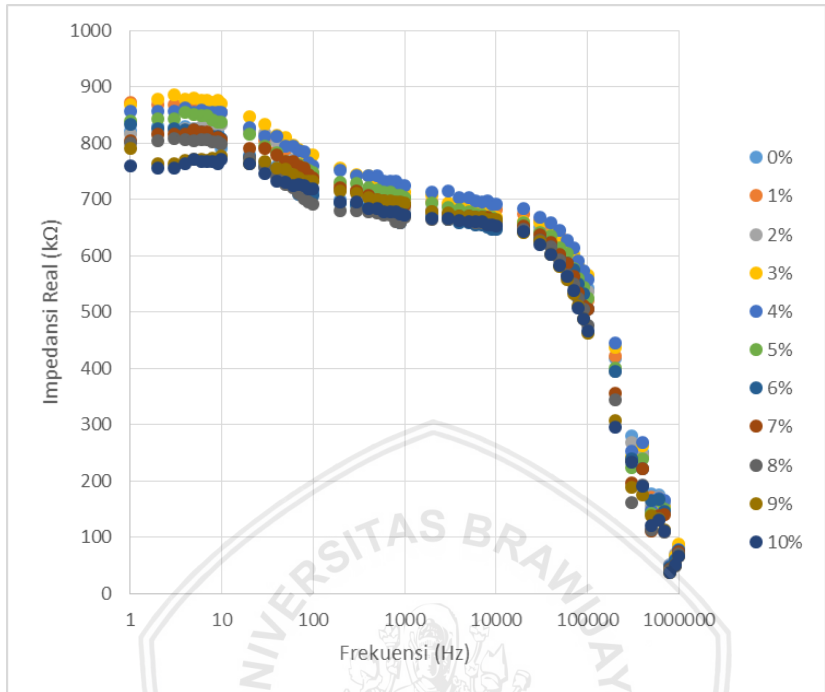
Resistansi adalah hambatan yang diberikan oleh suatu bahan yang resistif atau tidak dapat mengalirkan arus. Reaktansi adalah perlawanan terhadap perubahan arus dan tegangan pada arus AC yang besarnya berbanding lurus pada sudut fase gelombang. Impedansi merupakan kuantitas kompleks ( $Z$ ) yaitu keseluruhan dari sifat hambatan terhadap arus yang mencakup resistansi, reaktansi, atau keduanya (Ghassani, 2016). Besarnya impedansi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu resistansi, reaktansi induktif dan reaktansi kapasitif.

Berdasarkan penelitian, diperoleh dua gelombang yang ditampilkan picoscope meliputi gelombang tegangan masukan dan tegangan keluaran. Terdapat perbedaan fase pada kedua gelombang karena pada fungsi waktu gelombang saling mendahului. Fase gelombang dinyatakan dalam bentuk sudut derajat ( $^{\circ}$ ). Gambar 4.4 menyatakan hubungan nilai beda fase terhadap penambahan frekuensi. Pada frekuensi 1 Hz – 10 kHz nilai beda fase nya cenderung kecil dan stabil yaitu dalam rentang  $2,45^{\circ} - 4,3^{\circ}$ , pada frekuensi 20 kHz – 700 kHz nilai beda fase meningkat seiring penambahan frekuensi yaitu dimulai pada sudut  $5,58^{\circ} - 61,41^{\circ}$ , serta pada frekuensi 800 kHz – 1 MHz nilai beda fase menurun. Kenaikan nilai beda fase pada frekuensi 20 kHz dikarenakan terjadi saat berosilasi, gelombang output akan mendahului gelombang input sehingga meskipun kedua gelombang berada pada frekuensi yang sama namun titik-titik yang seharusnya bersesuaian tidak berada pada tempat yang sama. Penurunan nilai beda fase pada frekuensi 800 kHz – 1 MHz dikarenakan pada aplikasi picoscope bentuk gelombang yang dihasilkan sudah tidak berupa sinusoidal lagi karena pada frekuensi 800 kHz alat sudah tidak dapat digunakan lagi karena frekuensi yang diberikan mendekati batas kemampuan. Besar beda fase dapat digunakan untuk mengetahui besarnya nilai kompleks pada impedansi yang terdiri dari nilai real dan nilai imajiner. Pada rangkaian bilangan real  $R$  menunjukkan besarnya hambatan (resistansi) pada rangkaian sedangkan bilangan imajiner  $j$  menunjukkan besarnya reaktansi total ( $X$ ) rangkaian serta besarnya osilasi yang terjadi saat pengukuran berlangsung.



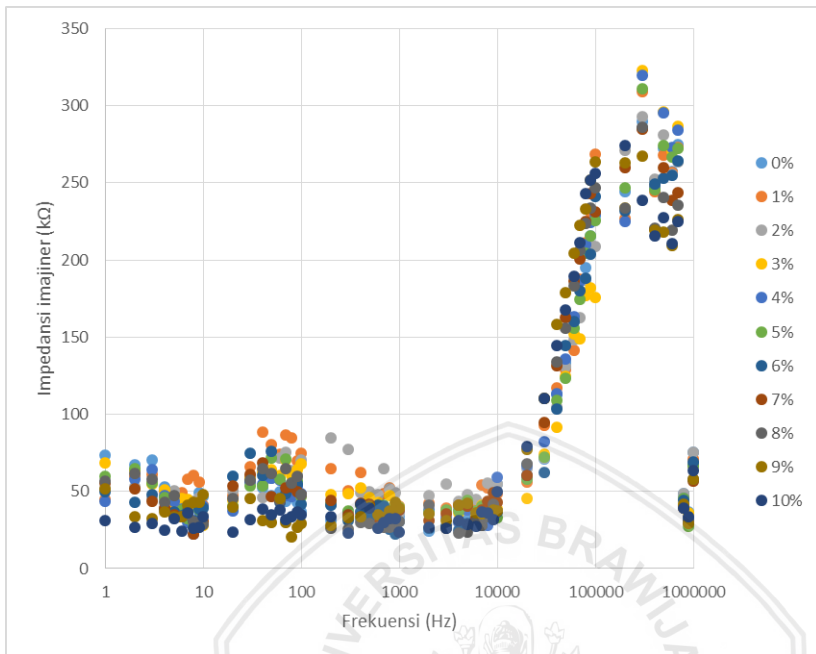
Gambar 4.4 Hubungan antara Beda Fase Gelombang dengan Frekuensi

Besar sudut fase pada gelombang yang dihasilkan oleh pengukuran gel lidah buaya tanpa alkohol cenderung konstan pada pengukuran frekuensi 1 Hz hingga 10 kHz. Nilai yang ditunjukkan pada frekuensi tersebut hanya berkisar  $2,08^{\circ}$  hingga  $5,12^{\circ}$  atau terbilang kecil. Pada frekuensi lebih dari 10 kHz sudut fase akan bertambah besar seiring dengan pertambahan frekuensi yaitu mencapai puncak  $60,47^{\circ}$  pada frekuensi 800 kHz. Nilai sudut fase pada frekuensi 900 kHz dan 1 MHz tidak maksimum karena faktor alat yang tidak mencakup frekuensi lebih dari 800 kHz. Pada frekuensi rendah, sampel dengan konsentrasi alkohol 10% memiliki nilai beda fase yang lebih kecil dibandingkan sampel lainnya, namun pada frekuensi 10 kHz nilai beda fasenya meningkat memiliki nilai yang paling besar dibandingkan sampel dengan konsentrasi alkohol dibawah 10%.



Gambar 4.5 Hubungan antara Impedansi Real dengan Frekuensi

Nilai impedansi real pada pengukuran merupakan nilai resistansi atau hambatannya. Gambar 4.5 menyatakan bahwa pada impedansi real (resistansi) semakin banyak penambahan alkohol pada sampel maka semakin kecil nilai impedansi real nya (berbanding terbalik). Pada frekuensi 1 Hz – 10 kHz besar resistansi menurun sedikit namun pada frekuensi diatas 10 kHz penurunan nilai resistansi sangat terlihat seiring dengan penambahan frekuensi. Hal tersebut sesuai karena nilai impedansi real (resistansi) berbanding lurus dengan impedansi total sehingga Gambar 4.1 dan Gambar 4.5 menunjukkan pola yang mirip. Hal tersebut menunjukkan bahwa sel jaringan lidah buaya memiliki membran sel yang bersifat resistif sehingga dapat menghambat arus yang melaluinya. Pada frekuensi rendah arus tidak dapat melalui sel karena selain bersifat resistif, membran juga bersifat konduktif sehingga hanya dapat dilalui oleh arus dengan frekuensi tertentu saja.



Gambar 4.6 Hubungan antara Impedansi Imajiner dengan Frekuensi

Nilai impedansi imajiner pada pengukuran merupakan nilai reaktansinya. Pada arus bolak balik nilai reaktansi cenderung konstan. Ketika arus diberikan pada frekuensi tinggi maka nilai reaktansinya akan naik karena perubahan yang terlalu signifikan. Kecenderungan reaktansi kapasitif adalah semakin tinggi frekuensi maka nilainya akan semakin menurun. Sebaliknya, reaktansi induktif akan semakin meningkat dengan bertambahnya frekuensi. Gambar 4.6 menyatakan bahwa pada impedansi imajiner (reaktansi), semakin banyak penambahan alkohol pada sampel maka semakin kecil nilai reaktansinya (berbanding terbalik dengan resistansi). Besar reaktansi bertambah seiring dengan penambahan frekuensi seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6 dimana reaktansi cenderung stabil pada frekuensi 1 Hz -10 kHz dan meningkat drastis pada frekuensi diatas 10 kHz. Hal tersebut sesuai karena nilai impedansi imajiner (reaktansi) berbanding terbalik dengan impedansi total sehingga Gambar 4.1 dan Gambar 4.6 menunjukkan pola yang berkebalikan. Pola Gambar 4.6 mirip dengan

Gambar 4.4 karena nilai impedansi imajiner terjadi adanya perlawanan terhadap perubahan frekuensi AC yang akan membuat tegangan output mendahului tegangan input dan mengakibatkan titik-titik yang bersesuaian tidak berada pada tempat yang sama (terjadi pergeseran fase).



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Pengukuran nilai impedansi dapat digunakan untuk mengetahui tingkat kemurnian sampel. Nilai Impedansi untuk sampel lidah buaya tanpa tambahan alkohol adalah  $66,716 \text{ k}\Omega - 831,334 \text{ k}\Omega$ . Hubungan penambahan alkohol dengan nilai impedansi pada gel lidah buaya adalah berbanding terbalik. Semakin banyak kandungan alkohol pada sampel maka nilai impedansi listriknya semakin menurun. Nilai impedansi untuk sampel dengan konsentrasi alkohol 1% adalah  $65,85 \text{ k}\Omega - 873,5 \text{ k}\Omega$ , sampel dengan konsentrasi alkohol 5% adalah  $62,34 \text{ k}\Omega - 856 \text{ k}\Omega$ , sampel dengan konsentrasi alkohol 10% adalah  $54,434 \text{ k}\Omega - 771,167 \text{ k}\Omega$ , dan sampel dengan konsentrasi alkohol 100% yaitu  $3,314 \text{ k}\Omega - 208,083 \text{ k}\Omega$ . Nilai impedansi listrik juga dipengaruhi oleh frekuensi pada arus yang diinjeksikan dimana semakin besar frekuensi maka nilai impedansinya akan menurun. Rata-rata nilai impedansi tidak stabil pada frekuensi 1 Hz – 100 Hz, nilai impedansi menurun tajam pada frekuensi 200 kHz, dan nilai impedansi kembali tidak stabil pada frekuensi  $\geq 800 \text{ kHz}$ . Nilai impedansi yang diperoleh menunjukkan nilai kompleks sehingga dapat ditentukan besar resistansi dan reaktansinya. Nilai beda fase pada gelombang yang ditampilkan menunjukkan perilaku gelombang output yang mendahului gelombang input pada saat beresilasi, dimana semakin tinggi frekuensi maka nilai resistansi pada sampel akan menurun dan semakin tinggi frekuensi maka nilai beda fase dan reaktansinya akan meningkat.

#### 5.2 Saran

Saran terkait penelitian selanjutnya yaitu dapat menggunakan alat yang memiliki rentang frekuensi lebih besar lagi serta aplikasi penunjang agar nilai beda fase gelombang dapat langsung diketahui saat pengambilan data.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**





**DAFTAR PUSTAKA**

- Ananda, H., & Zuhrotun, A. (2016). Aktivitas Tanaman Lidah Buaya (*Aloe vera* Linn) sebagai Penyembuh Luka. *Farmaka*, 15(2), 82–89.
- Ardiawan, A. A. (2014). Pengukuran Bioimpedance untuk Plethymography dengan Menggunakan Ad5933. *Departemen Fisika, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Kampus UI*, 1–16.
- Ariani, L. W., & Suharsanti, R. (2018). Pelembab Alami Sediaan Shooting Gel Kombinasi Lidah Buaya dan Buah Rambutan. *Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi “Yayasan Pharmasi Semarang,”* 50–54.
- Arifianti, L., Oktarina, R. D., & Kusumawati, I. (2014). Pengaruh Jenis Pelarut Pengekstraksi Terhadap Kadar Sinensetin Dalam Ekstrak Daun *Orthosiphon stamineus* Benth. *E-Journal Planta Husada*, 2(1), 3–6.
- Astawa, I. P. A. (2014). *Bahan Ajar Kimia Biofisik*. Bali: Universitas Udayana.
- Belmont, B., Dodde, R. E., & Shih, A. J. (2013). Impedance of tissue-mimicking phantom material under compression, 4(19), 2–12.
- Fahrnunisa, A. (2018). *Formulasi dan Evaluasi Sifat Fisik Sediaan Krim Ekstrak Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz. and Pav.)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ghassani, H. (2016). *Penerapan Bilangan Kompleks pada Rangkaian RLC*. Institut Teknologi Bandung.
- Gulita, N., Trihandaru, S., & Shanti, M. (2005). Identifikasi Sifat Dielektrik Pisang pada Tingkat Kematangan Berbeda dengan Rangkaian RLC. *Radiasi: Jurnal Berkala Pendidikan Fisika*, 6(2), 1–7.

repository.ub.ac.id

Kumar, G. P., Lohitha, S., & Shareef, S. K. (2015). Green Electricity From Green Aloe vera. *Engineering Research and Applications*, 60–64.

Listiyatrini, R. (2018). *Dasar Listrik dan Elektronika*. (Invalidiant Candrawinata, Ed.) (1st ed.). Yogyakarta: Deepublish.

Nuralim, E. R., Rahayu, I. D., & Bektı, R. S. (2017). Analisis Perbandingan Fiksasi Menggunakan Larutan Formalin dan Larutan Carnoy pada Somit, Neural Tube, dan Vaskular Embrio Ayam Usia 48 Jam dengan Pewarnaan Hematoxylin-Eosin. *Majalah Kesehatan FKUB*, 4(1).

Putri, R. R. A., Sulistya, C., & Santoso, D. R. (2017). Analisis Nilai Impedansi Listrik pada Daging Ikan Nila yang Disimpan dalam Lemari Es. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 6(2), 117.

Rajeswari, R., Umadevi, M., Sharmila Rahale, C., Pushpa, R., Selvavenkadesh, S., P. Sampath Kumar, K., & Bhowmik, D. (2012). Aloe vera: The Miracle Plant Its Medicinal and Traditional Uses in India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(4), 118–124.

Salamena, G. A., Santoso, D. R., & Abdurrouf. (2017). Analisis Hasil Eksperimen Pengukuran Nilai Impedansi Listrik pada Zat Cair dengan Injeksi Arus pada Plat Sejajar, 4(1), 31–36.

Sembodo, B. S. T., Dwi, E., Santoso, A., & Jati, F. N. (2015). *Pencairan Tongkol Jagung Secara Termokimia dalam Etanol Superkritik*. Universitas Sebelas Maret.

Setyani, N. F., Widodo, C. S., & Saroja, G. (2000). Studi Karakteristik Biolistrik Membran Telur Bebek sebagai Bahan Dielektrik, 1–4.

Sharma, S. K., Singh, R., & Lehana, P. (2012). To Investigate the Electrical Impedance of the Aloe Barbadensis Miller Leaves, (5), 234–238.

Sheikh, F. A., Preet, R., Singh, P., Singh, J. B., & Lehana, P. (2013).

Effect Of Microwaves On The Resistance Of Aloe Vera Leaves, 242–247.

Sirilun, S., Chaiyasut, C., Sivamaruthi, B. S., Peerajan, S., Kumar, N., & Periyana, K. (2017). Phenethyl Alcohol Is an Effective Non-Traditional Preservative Agent for Cosmetic Preparations. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 10(8), 129. <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i8.18572>

Surjushe, A., Vasani, R., & Saple, D. G. (2008). Aloe vera: A Short Review. *Indian Journal of Dermatology*, 53(4), 163–166. <https://doi.org/10.4103/0019-5154.44785>

Suryani, A., Hambali, E., & Kurniadewi, H. (2010). Kajian Penggunaan Lidah Buaya (Aloe vera) dan Bee Pollen pada Pembuatan Sabun Opaque. *Jurnal Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian*, 15(2), 40–45.

Triyono, A. (2010). Mempelajari Pengaruh Penambahan Beberapa Asam pada Proses Isolasi Protein terhadap Tepung Protein Isolat Kacang Hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 4–5.

Umiati, N. A. K. (2009). Pengujian Kekuatan Dielektrik Minyak Sawit Dan Minyak Castrol Menggunakan Elektrode Bola-Bola Dengan Variasi Jarak Antar Elektrode Dan Temperatur. *Transmisi*, II(1), 23–26.

Volkov, A. G., & Shtessel, Y. B. (2017). Electrotonic Signal Transduction between Aloe Vera Plants Using Underground Pathways in Soil : Experimental and Analytical Study, 4, 576–595.

Wahyuni, D., Herliawati, & Purnamasari, N. (2013). Penggunaan Alkohol sebagai Desinfektan pada Terapi Komplementer Bekam. *Seminar Dan Workshop Nasional Keperawatan “Implikasi Perawatan Paliatif Pada Bidang Kesehatan,”* 2, 264–267.

Wardani, D. R., Widodo, C. S., & Saroja, G. (2014). *Studi Karakteristik Biolistrik Minyak Goreng Sawit Kemasan dengan Metode Dielektrik pada Frekuensi Rendah*. Universitas Brawijaya.

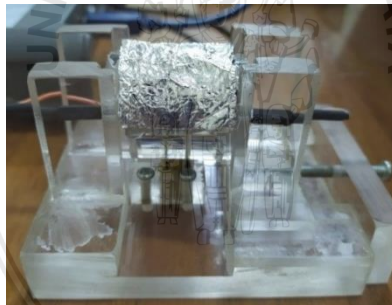


## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Alat dan Bahan Penelitian



Gambar L1. 1 Rangkaian Alat dan Komponen Penelitian



Gambar L1. 2 Kontainer Tabung Elektroda Emas



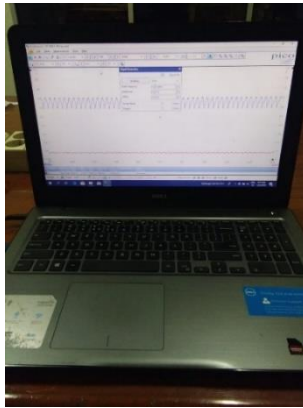
Gambar L1. 3 Picoscope S5000



Gambar L1. 4 V to I converter



Gambar L1. 5 Power supply



Gambar L1. 6 Laptop



Gambar L1. 7 Termometer ruangan



Gambar L1. 8 Jarum suntik



Gambar L1. 9 Daun lidah buaya



Gambar L1. 10 Daun lidah buaya yang telah dihaluskan



Gambar L1. 11 Proses penyaringan gel lidah buaya





Gambar L1. 12 Sampel gel lidah buaya yang telah siap diukur



Gambar L1. 13 Denat alkohol

## Lampiran 2 Data Hasil Penelitian

Tabel L2. 1 Konsentrasi alkohol 0%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata- rata (kΩ)	sudut (°)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	824	803	845,5	824,1667	5,124667	820,8722	73,61712
2	845,5	792,5	856	831,3333	4,626667	828,6244	67,05771
3	845,5	792,5	856	831,3333	4,846	828,3616	70,22925
4	845,5	782	866,5	831,3333	3,662333	829,6356	53,10246
5	856	782	845,5	827,8333	3,107333	826,6162	44,87404
6	845,5	771,5	845,5	820,8333	3,284667	819,4849	47,03117
7	845,5	771,5	845,5	820,8333	3,068	819,6568	43,93192
8	845,5	782	845,5	824,3333	2,809333	823,3426	40,40261
9	845,5	771,5	845,5	820,8333	3,448667	819,3469	49,37661
10	834,5	771,5	771,5	792,5	3,392667	791,1111	46,89905
20	824	761	760,5	781,8333	4,400667	779,5284	59,99056
30	803	750	750	767,6667	4,214333	765,591	56,41405
40	792,5	739,5	750	760,6667	3,965333	758,8457	52,6023
50	782	729	750	753,6667	3,623333	752,1601	47,62944
60	771,5	718,5	729	739,6667	3,859667	737,989	49,78915
70	771,5	718,5	708	732,6667	3,390333	731,3844	43,32841
80	761	718,5	708	729,1667	3,674	727,6681	46,72461
90	750	718,5	697,5	722	3,43	720,7066	43,19657
100	782	761	739,5	760,8333	2,932333	714,0638	36,57692
200	782	750	729	753,6667	2,527	699,6523	30,87782
300	771,5	739,5	718,5	743,1667	2,672	690,9147	32,24432
400	771,5	739,5	718,5	743,1667	2,628667	690,9389	31,72177
500	771,5	739,5	718,5	743,1667	3,377333	690,4654	40,74709
600	771,5	718,5	708	732,6667	3,862667	684,2754	46,2013
700	771,5	718,5	708	732,6667	2,566333	681,4825	30,54469
800	771,5	718,5	708	732,6667	2,816333	681,3427	33,51792
900	750	718,5	708	725,5	3,141667	681,1414	37,38611
1000	750	718,5	708	725,5	2,837333	681,3304	33,76764
2000	750	708	687	715	2,079333	673,0565	24,43677
3000	750	708	687	715	2,328	672,9441	27,35763
4000	750	687	676	704,3333	3,285667	674,2232	38,70624
5000	750	687	676	704,3333	2,889667	672,6436	33,95303
6000	739,5	687	665,5	697,3333	3,402667	672,3127	39,97413
7000	739,5	687	665,5	697,3333	3,240333	670,5928	37,96552
8000	739,5	687	665,5	697,3333	3,075	670,6996	36,03029
9000	739,5	676	665,5	693,6667	3,564333	666,8742	41,53941
10000	739,5	687	655	693,8333	4,727333	660,5785	54,62671

20000	729	676	655	686,6667	5,862667	655,8847	67,34719
30000	718,5	665,5	634	672,6667	6,224667	651,8011	71,09219
40000	718,5	655	634	669,1667	10,049	635,2691	112,5753
50000	697,5	655	623,5	658,6667	12,04	625,7584	133,4657
60000	697,5	634	613	648,1667	14,80333	605,061	159,9017
70000	676	634	613	641	17,53667	590,0726	186,4644
80000	676	613	590	626,3333	18,74	574,505	194,9063
90000	655	613	579,5	615,8333	21,02333	561,3052	215,7272
100000	644,5	595,5	569	603	22,88333	542,0307	228,7769
200000	532,5	495,4	469,05	498,9833	30,26	418,8024	244,3363
300000	432,15	405,8	384,7	407,55	46,02333	279,4728	289,6385
400000	384,7	363,65	347,85	365,4	45,19	250,0834	251,7475
500000	347,85	326,75	316,2	330,2667	57,03667	176,8242	272,6672
600000	337,3	321,5	305,7	321,5	55,83667	174,6152	257,2925
700000	342,55	326,75	316,2	328,5	60,47333	155,8324	275,134
800000	71,1	65,85	63,2	66,71667	43,89333	50,61237	48,69403
900000	72,1	68,5	65,85	68,81667	29,64	64,11429	36,48121
1000000	105,4	105,4	100,15	103,65	43,43	79,71418	75,46105

Tabel L2. 2 Konsentrasi alkohol 1%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (°)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	898	875	845,5	872,8333	2,928333	871,6936	44,59027
2	898	856	856	870	3,958	867,925	60,05193
3	898	856	856	870	4,024667	867,8545	61,06176
4	898	856	866,5	873,5	3,267667	872,0798	49,79005
5	898	856	845,5	866,5	2,752667	865,5002	41,61333
6	898	856	845,5	866,5	3,239667	865,1152	48,96828
7	898	856	845,5	866,5	3,849667	864,5449	58,17578
8	887,5	856	845,5	863	4,015333	860,8816	60,43023
9	887,5	845,5	845,5	859,5	3,726667	857,6826	55,86471
10	877	845,5	845,5	856	2,745	855,0178	40,99466
20	856	813,5	813,5	827,6667	3,265	826,3232	47,13906
30	834,5	792,5	792,5	806,5	4,7	803,7881	66,08341
40	813,5	782	782	792,5	6,403	787,5564	88,38037
50	803	782	760,5	781,8333	5,914667	777,6712	80,5657
60	782	771,5	760,5	771,3333	5,498667	767,784	73,91116
70	771,5	771,5	750	764,3333	6,485333	759,4422	86,33059
80	760,5	771,5	739,5	757,1667	6,441333	752,3869	84,94336
90	760,5	771,5	729	753,6667	5,307667	750,4352	69,71705
100	750	760,5	729	746,5	5,742667	742,7536	74,69532
200	708	760,5	718,5	729	5,115	726,0969	64,99404

300	697,5	750	708	718,5	4,035667	716,7184	50,56619
400	697,5	750	708	718,5	4,988	715,779	62,47149
500	697,5	750	687	711,5	3,918667	709,8366	48,62414
600	697,5	739,5	687	708	3,562667	706,6317	43,99526
700	697,5	739,5	687	708	3,961667	706,3082	48,91504
800	697,5	739,5	687	708	4,228333	706,0729	52,20181
900	697,5	739,5	676	704,3333	3,187333	703,2438	39,16148
1000	697,5	739,5	676	704,3333	3,302667	703,1635	40,57699
2000	687	729	676	697,3333	3,468667	696,0558	42,19054
3000	687	718,5	665,5	690,3333	3,247333	689,2249	39,10484
4000	687	718,5	665,5	690,3333	3,49	689,0531	42,02358
5000	687	718,5	665,5	690,3333	3,235667	689,2328	38,9645
6000	687	718,5	665,5	690,3333	3,490333	689,0528	42,02759
7000	687	708	665,5	686,8333	4,527667	684,69	54,21895
8000	687	708	665,5	686,8333	4,345333	684,859	52,03978
9000	687	708	655	683,3333	4,321667	681,3904	51,49314
10000	687	708	655	683,3333	4,091333	681,5919	48,75349
20000	676	708	644,5	676,1667	4,780333	673,8146	56,34889
30000	676	687	644,5	669,1667	7,958333	662,7219	92,64808
40000	665,5	687	623,5	658,6667	10,244	648,1671	117,1376
50000	655	665,5	623,5	648	11,49333	635,0062	129,1165
60000	634	655	613	634	12,91667	617,9574	141,7203
70000	634	644,5	602	626,8333	17,38667	598,1933	187,3095
80000	613	634	591,5	612,8333	20,17333	575,2382	211,3425
90000	613	623,5	581	605,8333	22,43	559,9998	231,1584
100000	591,5	602	564	585,8333	27,29667	520,5972	268,6619
200000	484,85	484,85	469	479,5667	28,24333	422,4722	226,9392
300000	390	400,55	379,45	390	52,39	238,0105	308,9514
400000	347,85	353,1	337,3	346,0833	44,97667	244,8175	244,6182
500000	316,2	326,75	310,95	317,9667	57,52667	170,7185	268,2499
600000	305,65	310,95	300,4	305,6667	57,19333	165,612	256,9139
700000	310,95	316,2	310,95	312,7	60,77	152,6966	272,8828
800000	68,5	65,85	63,2	65,85	43,8	47,52791	45,57763
900000	63,25	71,1	65,85	66,73333	27,18333	59,36259	30,4864
1000000	100,15	105,4	105,4	103,65	43,25	75,49565	71,01922

Tabel L2. 3 Konsentrasi alkohol 2%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (°)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	803	803	845,5	817,1667	3,639667	815,5185	51,87493
2	782	813,5	856	817,1667	3,718	815,4468	52,98983
3	792,5	824	856	824,1667	3,182333	822,8957	45,75249
4	803	824	856	827,6667	3,108667	826,4487	44,88424
5	803	824	856	827,6667	3,511667	826,1126	50,69606
6	813,5	824	856	831,1667	2,626333	830,2936	38,08581
7	813,5	813,5	856	827,6667	3,072	826,4773	44,35534
8	813,5	813,5	856	827,6667	3,029333	826,5101	43,73987
9	813,5	824	856	831,1667	3,163667	829,8999	45,87071
10	824	824	856	834,6667	2,342	833,9695	34,10801
20	824	813,5	834,5	824	3,503	822,4604	50,34706
30	824	813,5	824	820,5	4,116667	818,3831	58,90171
40	803	803	803	803	3,306667	801,6631	46,31719
50	792,5	792,5	803	796	4,213	793,8491	58,47773
60	782	760,5	782	774,8333	5,315667	771,5011	71,78277
70	760,5	771,5	782	771,3333	5,601333	767,6503	75,28681
80	750	771,5	771,5	764,3333	4,748667	761,7097	63,27535
90	750	760,5	760,5	757	4,572667	754,5905	60,35061
100	739,5	760,5	750	750	5,389333	746,6846	70,44223
200	718,5	729	718,5	722	6,751667	716,993	84,88286
300	708	729	718,5	718,5	6,153	714,3609	77,01157
400	697,5	708	708	704,5	4,006333	702,7784	49,22112
500	687	708	708	701	4,065	699,2365	49,69258
600	687	708	697,5	697,5	3,936	695,8548	47,87789
700	687	697,5	697,5	694	5,343	690,9846	64,62378
800	687	697,5	697,5	694	4,295333	692,0507	51,97887
900	687	687	687	687	4,094667	685,2464	49,05496
1000	687	687	676	683,3333	3,007	682,3925	35,84627
2000	687	687	676	683,3333	3,994	681,6738	47,59554
3000	665,5	676	676	672,5	4,67	670,2674	54,7527
4000	665,5	676	665,5	669	3,712667	667,596	43,3197
5000	665,5	676	665,5	669	4,125333	667,2667	48,12683
6000	665,5	676	665,5	669	3,838	667,4996	44,77995
7000	665,5	676	665,5	669	3,105	668,0179	36,23702
8000	665,5	665,5	665,5	665,5	4,806667	663,1595	55,76477
9000	665,5	676	665,5	669	4,341	667,0808	50,63813
10000	665,5	676	665,5	669	4,721667	666,7296	55,06899
20000	644,5	655	644,5	648	5,746	644,7441	64,87685
30000	644,5	655	644,5	648	6,370333	643,9989	71,89843

40000	634	634	634	634	9,492667	625,3185	104,5601
50000	623,5	634	623,5	627	12,03133	613,2272	130,696
60000	613	623,5	623,5	620	13,82333	602,043	148,1359
70000	601	613	613	609	15,48333	586,8983	162,5775
80000	590,5	602	602	598,1667	18,18667	568,2851	186,6961
90000	574,5	591,5	591,5	585,8333	20,98667	546,9714	209,8166
100000	564	579,5	581	574,8333	21,32333	535,4821	209,027
200000	463,75	484,35	486,05	478,05	34,52	393,879	270,908
300000	395,25	400,55	395,25	397,0167	47,61333	267,6411	293,2414
400000	342,55	358,35	358,4	353,1	45,62333	246,9484	252,3809
500000	316,2	326,75	321,5	321,4833	60,91	156,2997	280,9305
600000	295,15	310,95	316,2	307,4333	56,2	171,0238	255,4723
700000	300,4	316,2	316,2	310,9333	58,08333	164,3859	263,9258
800000	68,5	73,75	68,5	70,25	44,02333	50,51374	48,82033
900000	79,05	79,05	73,8	77,3	25,15667	69,968	32,85983
1000000	115,95	115,95	105,4	112,4333	41,93667	83,63736	75,14018

Tabel L2. 4 Konsentrasi alkohol 3%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (°)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	901,5	866,5	845,5	871,1667	4,522667	868,454	68,69452
2	887,5	887,5	866,5	880,5	4,135667	878,2073	63,5002
3	887,5	887,5	887,5	887,5	3,535	885,8114	54,7217
4	887,5	887,5	866,5	880,5	3,321667	879,0207	51,01754
5	887,5	887,5	866,5	880,5	2,794	879,4533	42,92013
6	887,5	877	866,5	877	2,965667	875,8254	45,37382
7	887,5	887,5	856	877	2,939333	875,8462	44,97128
8	887,5	877	856	873,5	2,665333	872,555	40,61955
9	887,5	887,5	856	877	2,792333	875,9587	42,72404
10	877	877	856	870	1,828333	869,5571	27,75737
20	856	866,5	824	848,8333	2,985333	847,6814	44,20751
30	845,5	845,5	813,5	834,8333	4,04	832,7589	58,81642
40	824	824	803	817	4,394333	814,5983	62,59888
50	824	824	792,5	813,5	4,527667	810,9613	64,21807
60	813,5	803	782	799,5	4,335667	797,212	60,44177
70	803	803	771,5	792,5	5,104667	789,3568	70,51302
80	792,5	792,5	771,5	785,5	4,418333	783,1656	60,51339
90	792,5	792,5	760,5	781,8333	4,722	779,1797	64,36145
100	792,5	792,5	760,5	781,8333	4,998	778,8606	68,11408
200	760,5	771,5	739,5	757,1667	3,626	755,6509	47,8858
300	750	761	729	746,6667	3,742	745,0748	48,7303
400	739,5	761	729	743,1667	4,052333	741,3087	52,51781

500	729	750	718,5	732,5	3,618667	731,0396	46,23223
600	729	750	718,5	732,5	3,351667	731,2471	42,82507
700	729	750	718,5	732,5	3,150667	731,3928	40,25952
800	718,5	750	718,5	729	3,731333	727,4546	47,44188
900	708	729	718,5	718,5	3,261333	717,3363	40,87566
1000	708	729	708	715	3,19	713,8921	39,78778
2000	697,5	729	697,5	708	3,012667	707,0215	37,21016
3000	676	708	697,5	693,8333	3,106	692,8141	37,59423
4000	676	708	687	690,3333	2,999	689,3879	36,11722
5000	676	697,5	687	686,8333	3,237333	685,7373	38,7869
6000	676	697,5	687	686,8333	2,930333	685,9353	35,11207
7000	676	687	676	679,6667	3,462667	678,4258	41,05061
8000	676	676	676	676	3,386667	674,8194	39,93407
9000	665,5	676	665,5	669	3,729	667,5836	43,51001
10000	665,5	676	665,5	669	3,324667	667,874	38,79787
20000	655	665,5	665,5	662	3,936667	660,438	45,44878
30000	665,5	655	665,5	662	6,431667	657,8335	74,15602
40000	644,5	644,5	644,5	644,5	8,152	637,9876	91,3899
50000	634	634	644,5	637,5	11,27	625,2072	124,5883
60000	623,5	634	623,5	627	14,04	608,2694	152,1097
70000	623,5	613	623,5	620	13,92	601,7922	149,1515
80000	613	613	602	609,3333	16,90333	583,0081	177,1685
90000	602	591,5	602	598,5	17,72	570,1043	182,1628
100000	591,5	591,5	591,5	591,5	17,31667	564,6898	176,0615
200000	496,6	496,6	496,6	496,6	28,07667	438,1594	233,7261
300000	411,05	400,55	400,55	404,05	53,08667	242,675	323,0561
400000	368,95	358,4	358,4	361,9167	43,29	263,4364	248,1631
500000	337,3	326,75	326,75	330,2667	63,67333	146,4694	296,0114
600000	326,75	316,2	310,95	317,9667	58,32667	166,9565	270,6073
700000	332,05	321,5	321,5	325,0167	61,92	152,9866	286,7594
800000	63,25	63,25	63,25	63,25	40,68667	47,96159	41,23406
900000	73,8	79,05	73,75	75,53333	28,50333	66,37789	36,04525
1000000	115,95	110,65	105,4	110,6667	36,89333	88,50617	66,43621

Tabel L2. 5 Konsentrasi alkohol 4%

frekuensi (Hz)	Impedansi (k $\Omega$ )			Z rata- rata (k $\Omega$ )	sudut ( $^{\circ}$ )	Z real (k $\Omega$ )	Z imajiner (k $\Omega$ )
	1	2	3				
1	856	845,5	875	858,8333	2,928333	857,7119	43,87506
2	877	856	845,5	859,5	4,135667	857,5327	58,1199
3	877	856	845,5	859,5	3,535	857,0765	64,49906
4	877	856	856	863	3,321667	861,6939	47,46211
5	866,5	856	845,5	856	2,794	854,9018	43,34735
6	866,5	856	856	859,5	2,965667	858,6395	38,45
7	866,5	856	845,5	856	2,939333	855,4858	29,66494
8	866,5	856	845,5	856	2,665333	855,7059	22,43734
9	866,5	856	845,5	856	2,792333	855,1983	37,03968
10	866,5	856	845,5	856	1,828333	855,0509	40,29825
20	845,5	824	813,5	827,6667	2,985333	826,8173	37,48771
30	845,5	803	792,5	813,6667	4,04	811,7237	56,19656
40	856	803	782	813,6667	4,394333	811,8027	55,04424
50	834,5	782	771,5	796	4,527667	793,8283	58,75945
60	824	782	761	789	4,335667	794,0975	57,36278
70	824	782	761	789	5,104667	787,5753	47,39297
80	792,5	771,5	761	775	4,418333	784,1139	46,64446
90	792,5	771,5	739,5	767,8333	4,722	765,9642	53,54352
100	739,5	708	697,5	715	4,998	759,2626	48,86422
200	718,5	708	674,5	700,3333	3,626	752,501	41,90007
300	718,5	687	669,5	691,6667	3,742	742,2661	36,57558
400	718,5	687	669,5	691,6667	4,052333	742,2436	37,029
500	718,5	687	669,5	691,6667	3,618667	742,5126	31,17243
600	708	674,5	669,5	684	3,351667	731,8106	35,40743
700	708	680	664	684	3,150667	731,6368	38,83432
800	708	674,5	664	682,1667	3,731333	732,1343	27,92528
900	708	674,5	664	682,1667	3,261333	724,7553	32,86447
1000	708	674,5	664	682,1667	3,19	724,4962	38,15098
2000	697,5	664	659	673,5	3,012667	713,9971	37,85637
3000	697,5	664	659	673,5	3,106	714,2484	32,77528
4000	697,5	669,5	659	675,3333	2,999	703,6934	30,01845
5000	697,5	664	659	673,5	3,237333	703,3002	38,13452
6000	697,5	664	659	673,5	2,930333	696,7712	27,99334
7000	697,5	664	653,5	671,6667	3,462667	696,4224	35,63264
8000	697,5	664	653,5	671,6667	3,386667	696,7683	28,06631
9000	687	664	653,5	668,1667	3,729	692,3037	43,46305
10000	676	659	653,5	662,8333	3,324667	691,3241	58,95542
20000	676	659	643	659,3333	3,936667	683,4198	66,69681
30000	676	648	643	655,6667	6,431667	667,5924	82,46684



40000	655	648	632,5	645,1667	8,152	659,4669	113,5226
50000	655	637,5	627	639,8333	11,27	644,5271	135,7448
60000	634	627	616,5	625,8333	14,04	627,2368	163,383
70000	634	616,5	606	618,8333	13,92	613,4042	186,0546
80000	613	606	601	606,6667	16,90333	589,9686	210,3105
90000	613	601	590	601,3333	17,72	573,4536	224,5031
100000	590	590	585	588,3333	17,31667	557,3407	230,1746
200000	490,15	484,85	479,6	484,8667	28,07667	445,5032	224,7471
300000	400,55	401,11	405,8	402,4867	53,08667	252,8142	319,6592
400000	358,35	353,1	353,1	354,85	43,29	268,9843	247,3148
500000	326,75	321,45	326,75	324,9833	63,67333	147,9658	295,2663
600000	310,95	310,95	310,95	310,95	58,32667	170,0834	272,8257
700000	316,2	316,2	316,2	316,2	61,92	165,1595	283,9623
800000	68,5	71,1	71,1	70,23333	40,68667	48,84639	45,44385
900000	68,5	76,4	76,4	73,76667	28,50333	60,58962	32,6287
1000000	105,4	110,65	113,25	109,7667	36,89333	78,94517	67,16385

Tabel L2. 6 Konsentrasi alkohol 5%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	845,5	834,5	845,5	841,8333	4,095667	839,6834	60,12543
2	845,5	845,5	845,5	845,5	4,392	843,0172	64,74823
3	845,5	845,5	845,5	845,5	3,744667	843,6949	55,21981
4	856	856	856	856	3,071	854,7707	45,85883
5	845,5	856	856	852,5	2,443	851,7252	36,33822
6	845,5	845,5	856	849	2,558667	848,1536	37,90133
7	845,5	845,5	856	849	2,187	848,3816	32,39876
8	845,5	834,5	845,5	841,8333	1,857667	841,3909	27,28948
9	834,5	834,5	845,5	838,1667	2,600667	837,3034	38,03149
10	834,5	834,5	845,5	838,1667	2,051	837,6297	29,9972
20	813,5	813,5	824	817	2,853667	815,9869	40,67458
30	792,5	792,5	803	796	3,883	794,1727	53,90454
40	782	771,5	803	785,5	3,931333	783,6517	53,85457
50	771,5	761	782	771,5	5,307667	768,1921	71,3667
60	750	761	782	764,3333	4,365333	762,116	58,1778
70	750	761	782	764,3333	5,337667	761,019	71,10223
80	750	750	771,5	757,1667	4,209	755,1246	55,57214
90	739,5	750	771,5	753,6667	4,297	751,5482	56,46962
100	739,5	750	760,5	750	3,584333	748,5329	46,88822
200	729	718,5	750	732,5	3,267667	731,3091	41,75296
300	718,5	718,5	750	729	2,946	728,0366	37,46677
400	718,5	708	739,5	722	3,246667	720,8412	40,89026

500	708	708	739,5	718,5	3,008333	717,5098	37,70774
600	708	708	729	715	3,149333	713,9202	39,28107
700	708	708	729	715	3,318667	713,801	41,39083
800	697,5	697,5	729	708	2,607333	707,267	32,20752
900	697,5	697,5	729	708	3,257333	706,8562	40,22897
1000	687	697,5	729	704,5	3,253667	703,3644	39,98508
2000	687	687	708	694	2,999	693,0495	36,30906
3000	676	676	708	686,6667	3,190667	685,6022	38,21908
4000	676	676	697,5	683,1667	3,126333	682,1499	37,25836
5000	665,5	676	697,5	679,6667	3,75	678,2114	44,45233
6000	655	676	697,5	676,1667	3,158333	675,1396	37,25368
7000	655	665,5	697,5	672,6667	3,43	671,4617	40,245
8000	655	665,5	687	669,1667	3,695333	667,7754	43,12848
9000	655	665,5	687	669,1667	3,164667	668,1462	36,94186
10000	655	665,5	665,5	662	2,880667	661,1635	33,26943
20000	655	655	676	662	5,007	659,4738	57,77767
30000	634	644,5	655	644,5	6,451667	640,4184	72,41926
40000	634	644,5	655	644,5	9,719333	635,2492	108,8058
50000	613	623,5	644,5	627	11,32333	614,7953	123,1086
60000	613	623,5	634	623,5	14,45	603,7761	155,5851
70000	595,5	601	611,5	602,6667	16,84	576,8228	174,5926
80000	585	595,5	606	595,5	20,09333	559,2544	204,5843
90000	574,5	585	595,5	585	21,61	543,8816	215,4478
100000	564	569	579,5	570,8333	23,26667	524,4111	225,4855
200000	469,05	469,05	474,3	470,8	31,6	400,993	246,6926
300000	379,45	384,7	384,7	382,95	54,23	223,8469	310,7141
400000	337,3	342,55	347,85	342,5667	45,77	238,9541	245,4646
500000	305,65	310,95	310,95	309,1833	62,5	142,765	274,249
600000	337,3	300,4	305,65	314,45	58,07	166,3072	266,8721
700000	305,65	310,95	316,2	310,9333	61,11333	150,2053	272,2461
800000	63,2	63,2	65,85	64,08333	45,06333	45,26364	45,36382
900000	63,2	63,2	60,6	62,33333	26,23	55,91469	27,54981
1000000	97,45	100,1	97,45	98,33333	42,76667	72,18896	66,76974

Tabel L2. 7 Konsentrasi alkohol 6%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata- rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	834,5	822	848,5	835	3,423333	833,51	49,86027
2	845,5	813,5	824	827,6667	2,995333	826,5359	43,24941
3	845,5	813,5	824	827,6667	3,335	826,265	48,14857
4	834,5	813,5	824	824	2,684333	823,0958	38,59065
5	834,5	813,5	824	824	2,564	823,1751	36,86189
6	834,5	803	824	820,5	2,389333	819,7867	34,20636
7	824	803	813,5	813,5	2,634667	812,6401	37,39448
8	824	803	813,5	813,5	2,207	812,8966	31,3278
9	824	803	813,5	813,5	2,710333	812,59	38,46765
10	813,5	803	813,5	810	2,762667	809,0586	39,04115
20	792,5	760,5	782	778,3333	4,387333	776,0526	59,54141
30	782	750	750	760,6667	5,648667	756,973	74,87105
40	760,5	750	739,5	750	4,639	747,543	60,65804
50	750	729	729	736	5,945333	732,0412	76,23453
60	750	718,5	729	732,5	3,382	731,2243	43,2122
70	697,5	718,5	718,5	711,5	3,942333	709,8164	48,91734
80	729	718,5	718,5	722	4,208333	720,0534	52,98271
90	729	697,5	718,5	715	4,396667	712,8959	54,81263
100	718,5	697,5	708	708	3,383	706,7662	41,77921
200	697,5	687	697,5	694	3,381667	692,7916	40,93695
300	687	687	697,5	690,5	2,580667	689,7997	31,09039
400	687	687	687	687	3,077	686,0096	36,87677
500	687	676	687	683,3333	2,78	682,5291	33,14243
600	687	676	687	683,3333	3,452	682,0935	41,14509
700	676	676	687	679,6667	3,415333	678,4595	40,49013
800	687	676	644,5	669,1667	2,207	668,6703	25,76954
900	676	665,5	634	658,5	1,971	658,1104	22,64822
1000	676	665,5	676	672,5	2,619333	671,7974	30,7333
2000	665,5	665,5	676	669	2,247	668,4856	26,22981
3000	665,5	665,5	665,5	665,5	2,345	664,9427	27,22996
4000	655	655	665,5	658,5	2,188333	658,0198	25,14439
5000	655	655	665,5	658,5	2,572	657,8366	29,55005
6000	655	655	655	655	2,512667	654,3703	28,71536
7000	655	655	655	655	2,431667	654,4102	27,79024
8000	655	655	644,5	651,5	3,009	650,6018	34,19907
9000	655	644,5	644,5	648	2,897667	647,1715	32,75787
10000	655	644,5	644,5	648	3,249667	646,958	36,73316
20000	655	644,5	644,5	648	5,358667	645,168	60,51678
30000	634	634	634	634	5,657	630,9123	62,49524

40000	634	623,5	623,5	627	9,491667	618,4161	103,3949
50000	613	613	613	613	13,663333	595,6524	144,8006
60000	613	613	602	609,3333	15,253333	587,8678	160,3079
70000	595,5	613	602	603,5	17,36	576,0099	180,069
80000	585	579,5	581	581,8333	18,90667	550,4421	188,53
90000	574,5	569	569	570,8333	20,91	533,2395	203,731
100000	564	558,5	558,5	560,3333	25,51667	505,6784	241,3768
200000	469,05	453,25	453,25	458,5167	30,42	395,3959	232,1629
300000	379,45	368,9	368,9	372,4167	49,993333	239,418	285,2599
400000	337,3	332,05	332,05	333,8	48,36667	221,7638	249,486
500000	305,65	300,4	300,4	302,15	56,8	165,4462	252,8283
600000	337,3	289,9	289,9	305,7	56,58	168,371	255,1542
700000	305,65	300,4	300,4	302,15	60,933333	146,7926	264,0957
800000	63,2	63,25	68,5	64,983333	42,62	47,81869	44,00235
900000	63,2	71,1	63,25	65,85	28,013333	58,1349	30,92823
1000000	97,45	105,4	105,4	102,75	42,153333	76,17386	68,95727

Tabel L2. 8 Konsentrasi alkohol 7%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	761	845,5	813,5	806,6667	3,925333	804,7743	55,2215
2	782	845,5	824	817,1667	3,639	815,5191	51,86544
3	782	834,5	834,5	817	3,077333	815,8219	43,85965
4	782	834,5	834,5	817	2,740667	816,0655	39,0652
5	792,5	845,5	834,5	824,1667	2,410667	823,4373	34,66582
6	782	845,5	834,5	820,6667	2,333333	819,9862	33,41188
7	792,5	834,5	834,5	820,5	2,499333	819,7195	35,78017
8	782	824	813,5	806,5	1,606	806,1832	22,60323
9	792,5	824	813,5	810	2,090667	809,4608	29,54955
10	782	824	813,5	806,5	2,170667	805,9213	30,54717
20	782	803	792,5	792,5	3,874333	790,6889	53,54792
30	803	792,5	782	792,5	4,417667	790,1455	61,04347
40	792,5	782	771,5	782	5,009333	779,0131	68,28269
50	771,5	771,5	761	768	3,505333	766,5632	46,95663
60	771,5	771,5	761	768	3,302	766,725	44,23594
70	771,5	761	750	760,8333	3,950667	759,0254	52,41953
80	760,5	761	750	757,1667	4,018	755,3056	53,05457
90	750	739,5	750	746,5	3,835667	744,8279	49,93713
100	739,5	739,5	739,5	739,5	3,738333	737,9265	48,21536
200	718,5	718,5	729	722	3,502	720,6518	44,1022
300	718,5	708	718,5	715	2,785	714,1555	34,74062
400	708	708	708	708	3,42	706,7391	42,23561

500	697,5	697,5	708	701	3,393333	699,771	41,49235
600	687	697,5	708	697,5	2,366667	696,905	28,80283
700	687	697,5	697,5	694	2,503	693,3379	30,30816
800	687	697,5	655	679,8333	2,405667	679,2342	28,53564
900	687	687	644,5	672,8333	2,309667	672,2867	27,11543
1000	687	687	697,5	690,5	3,153	689,4547	37,9792
2000	676	687	676	679,6667	2,633	678,9491	31,22276
3000	676	676	676	676	3,003	675,0717	35,41445
4000	665,5	676	676	672,5	3,513667	671,2358	41,21525
5000	665,5	676	676	672,5	3,463333	671,2718	40,62557
6000	665,5	665,5	676	669	2,766667	668,2202	32,29175
7000	665,5	665,5	676	669	3,278	667,9054	38,25388
8000	665,5	665,5	676	669	3,714333	667,5947	43,33912
9000	655	665,5	676	665,5	4,240333	663,6783	49,20723
10000	655	665,5	665,5	662	3,749	660,5834	43,28534
20000	655	655	655	655	5,287667	652,2127	60,36234
30000	634	655	644,5	644,5	8,444333	637,513	94,64382
40000	634	644,5	634	637,5	11,92	623,7536	131,6729
50000	613	634	623,5	623,5	15,1	601,9722	162,4246
60000	613	623,5	613	616,5	17,62333	587,5661	186,6503
70000	602	602	590	598	19,60333	563,3387	200,6328
80000	581	585	574,5	580,1667	22,79333	534,8604	224,7614
90000	570,5	569	558,5	566	25,43667	511,1323	243,1044
100000	558,5	558,5	548	555	24,62667	504,5185	231,2707
200000	447,95	442,7	432,15	440,9333	36,16667	355,9671	260,2107
300000	353,1	347,85	337,3	346,0833	55,37667	196,6373	284,7937
400000	321,5	310,95	305,7	312,7167	44,70667	222,2532	219,9891
500000	289,9	284,6	274,05	282,85	66,85	111,1996	260,0746
600000	284,6	274,05	268,8	275,8167	59,9	138,325	238,6232
700000	284,6	284,6	274,05	281,0833	60,17667	139,7904	243,8575
800000	60,6	55,3	57,95	57,95	42,779	42,53407	39,35804
900000	60,6	60,6	55,3	58,83333	30,25	50,82232	29,6387
1000000	94,85	94,85	92,2	93,96667	37,25333	74,79435	56,88181

Tabel L2. 9 Konsentrasi alkohol 8%

frekuensi (Hz)	Impedansi (k $\Omega$ )			Z rata- rata (k $\Omega$ )	sudut (o)	Z real (k $\Omega$ )	Z imajiner (k $\Omega$ )
	1	2	3				
1	824	782	803	803	4,057333	800,9875	56,81599
2	824	792,5	803	806,5	4,389	804,1349	61,71951
3	834,5	792,5	803	810	4,109333	807,9176	58,04454
4	824	792,5	803	806,5	3,058333	805,3513	43,02891
5	824	792,5	803	806,5	3,35	805,1219	47,12801
6	824	792,5	803	806,5	2,413	805,7849	33,95554
7	824	792,5	803	806,5	2,46	805,7568	34,61652
8	824	782	803	803	2,195333	802,4106	30,76006
9	824	782	803	803	2,027	802,4975	28,40247
10	824	782	792,5	799,5	2,036667	798,9949	28,41347
20	792,5	760,5	771,5	774,8333	3,377	773,4879	45,64206
30	792,5	739,5	750	760,6667	4,315667	758,5099	57,24122
40	771,5	729	729	743,1667	5,009667	740,3278	64,89615
50	760,5	708	718,5	729	4,843333	726,397	61,55055
60	750	708	708	722	3,521333	720,6369	44,34537
70	739,5	697,5	708	715	5,204333	712,0524	64,85615
80	729	687	697,5	704,5	4,510333	702,3183	55,4011
90	718,5	687	687	697,5	4,922	694,9279	59,84514
100	718,5	676	687	693,8333	3,948667	692,1863	47,77923
200	697,5	665,5	676	679,6667	2,19	679,1702	25,97238
300	697,5	665,5	676	679,6667	2,162333	679,1827	25,64442
400	697,5	665,5	676	679,6667	2,504667	679,0174	29,70195
500	687	665,5	676	676,1667	2,474667	675,5361	29,19529
600	687	665,5	665,5	672,6667	2,306	672,1219	27,0657
700	687	665,5	665,5	672,6667	2,297	672,1262	26,96013
800	687	655	644,5	662,1667	2,304	661,6314	26,62013
900	676	655	644,5	658,5	2,483	657,8817	28,52817
1000	676	655	676	669	2,634333	668,293	30,74831
2000	676	655	665,5	665,5	3,517	664,2466	40,82489
3000	676	655	665,5	665,5	2,25	664,9869	26,12741
4000	676	655	665,5	665,5	2,005	665,0926	23,28366
5000	676	655	665,5	665,5	2,031333	665,0818	23,58933
6000	665,5	644,5	665,5	658,5	2,633333	657,8046	30,25423
7000	665,5	644,5	665,5	658,5	2,452667	657,8968	28,17987
8000	665,5	644,5	665,5	658,5	2,937333	657,6348	33,74397
9000	665,5	644,5	665,5	658,5	3,619333	657,1866	41,56931
10000	665,5	644,5	665,5	658,5	3,281333	657,4204	37,69173
20000	665,5	644,5	644,5	651,5	6,003667	647,9267	68,14176
30000	644,5	623,5	644,5	637,5	9,990333	627,8336	110,5948

40000	644,5	623,5	623,5	630,5	12,26667	616,1053	133,9572
50000	623,5	602	613	612,8333	14,73333	592,6833	155,8562
60000	602	581	602	595	17,92667	566,1135	183,1407
70000	602	581	581	588	20,55	550,5833	206,4025
80000	581	560	570,5	570,5	23,08	524,8363	223,6451
90000	564	548	560	557,3333	24,77	506,057	233,5097
100000	543	532,5	532,5	536	27,45	475,6536	247,0823
200000	421,6	411,05	416,35	416,3333	34,17	344,4637	233,8337
300000	337,3	321,5	326,75	328,5167	60,60333	161,2534	286,2176
400000	300,4	289,85	289,85	293,3667	48,83667	193,0962	220,8571
500000	268,8	263,5	263,5	265,2667	64,97	112,2324	240,3545
600000	263,5	252,95	252,95	256,4667	58,68	133,3158	219,0937
700000	263,5	258,25	258,25	260	65,07	109,5928	235,7741
800000	58	52,7	58	56,23333	43,95667	40,48041	39,03235
900000	63,2	57,95	52,7	57,95	31,92333	49,18543	30,64303
1000000	94,85	89,6	89,6	91,35	39,29667	70,69367	57,85523

Tabel L2. 10 Konsentrasi alkohol 9%

frekuensi (Hz)	Impedansi (k $\Omega$ )			Z rata-rata (k $\Omega$ )	sudut ( $o$ )	Z real (k $\Omega$ )	Z imajiner (k $\Omega$ )
	1	2	3				
1	750	750	877	792,3333	3,724333	790,66	51,46689
2	750	729	813,5	764,1667	2,505667	763,436	33,40799
3	739,5	729	824	764,1667	2,423333	763,4833	32,3109
4	750	739,5	824	771,1667	2,751	770,2779	37,01258
5	739,5	750	824	771,1667	2,496667	770,4346	33,593
6	739,5	750	824	771,1667	2,481	770,4438	33,38233
7	739,5	750	824	771,1667	3,061333	770,0662	41,1841
8	750	750	824	774,6667	3,205	773,455	43,31056
9	750	739,5	824	771,1667	3,198667	769,9652	43,02977
10	750	760,5	824	778,1667	3,517333	776,7008	47,74091
20	750	739,5	803	764,1667	3,006	763,1152	40,07331
30	761	750	792,5	767,8333	3,394333	766,4863	45,4616
40	750	739,5	782	757,1667	2,379667	756,5137	31,43838
50	750	729	782	753,6667	2,285333	753,0672	30,05322
60	750	729	760,5	746,5	3,486667	745,1182	45,39934
70	739,5	718,5	760,5	739,5	2,313667	738,8972	29,85371
80	729	718,5	750	732,5	1,602	732,2137	20,47816
90	729	718,5	750	732,5	2,084	732,0155	26,6371
100	729	718,5	750	732,5	2,284333	731,9179	29,19641
200	708	708	729	715	2,232667	714,4572	27,85463
300	708	708	718,5	711,5	2,636333	710,747	32,72648
400	708	697,5	708	704,5	2,757333	703,6844	33,89066

500	697,5	697,5	708	701	3,334333	699,8133	40,77174
600	697,5	697,5	697,5	697,5	2,880667	696,6186	35,05352
700	697,5	697,5	697,5	697,5	2,717667	696,7155	33,07158
800	697,5	697,5	697,5	697,5	3,059667	696,5057	37,22968
900	697,5	697,5	697,5	697,5	3,514667	696,1881	42,75957
1000	697,5	697,5	687	694	3,265667	692,873	39,53425
2000	676	687	676	679,6667	3,009667	678,7292	35,68552
3000	676	676	676	676	2,635	675,2852	31,07789
4000	676	676	665,5	672,5	3,509333	671,239	41,16449
5000	676	676	665,5	672,5	3,595333	671,1764	42,17196
6000	665,5	676	665,5	669	3,105333	668,0177	36,24091
7000	665,5	676	665,5	669	3,065667	668,0426	35,77842
8000	665,5	664	665,5	665	3,132	664,0067	36,33327
9000	665,5	664	665,5	665	3,259333	663,9243	37,80886
10000	665,5	664	665,5	665	3,198333	663,9642	37,10199
20000	643	653,5	643	646,5	6,873333	641,8537	77,36974
30000	632,5	643	632,5	636	10,01567	626,3075	110,6115
40000	616,5	632,5	622	623,6667	14,67667	603,3171	158,0147
50000	601	616,5	606	607,8333	17,12667	580,8796	178,9979
60000	585	601	595,5	593,8333	20,13667	557,5348	204,4334
70000	574,5	585	574,5	578	22,63	533,4991	222,4021
80000	553,5	569	564	562,1667	24,52333	511,4549	233,335
90000	537,5	553,5	553,5	548,1667	27,31667	487,0372	251,5581
100000	521,5	543	532,5	532,3333	29,71	462,3555	263,8299
200000	395,25	405,8	411,05	404,0333	40,61333	306,7097	263,0059
300000	321,5	332	326,75	326,75	54,86	188,0696	267,1992
400000	274,05	284,55	284,6	281,0667	51,39333	175,3773	219,6389
500000	252,95	258,25	263,5	258,2333	57,65333	138,1653	218,1623
600000	242,45	247,7	252,95	247,7	57,68333	132,42	209,3328
700000	247,7	253	258,25	252,9833	63,55	112,683	226,5019
800000	57,95	57,95	52,7	56,2	47,62	37,88131	41,51442
900000	55,3	60,6	60,6	58,83333	30,12	50,88944	29,52331
1000000	84,3	89,55	89,55	87,8	41,57333	65,6838	58,26216



Tabel L2. 11 Konsentrasi alkohol 10%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (°)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	760,5	750	771,5	760,6667	2,327667	760,039	30,89392
2	760,5	729	782	757,1667	2,006667	756,7023	26,51278
3	739,5	729	803	757,1667	2,195333	756,6109	29,00434
4	750	739,5	803	764,1667	1,88	763,7553	25,06948
5	760,5	750	803	771,1667	2,43	770,4732	32,69653
6	750	750	803	767,6667	1,819667	767,2795	24,37636
7	760,5	750	792,5	767,6667	2,690667	766,8203	36,03714
8	760,5	750	792,5	767,6667	1,951333	767,2215	26,13952
9	760,5	739,5	792,5	764,1667	2,021	763,6913	26,94894
10	760,5	760,5	792,5	771,1667	2,508333	770,4278	33,74987
20	738	771,5	782	763,8333	1,755333	763,4749	23,3974
30	727,5	750	761	746,1667	2,439333	745,4905	31,758
40	711,5	739,5	750	733,6667	3,009667	732,6547	38,52076
50	706	739,5	750	731,8333	2,728	731,004	34,83131
60	701	739,5	739,5	726,6667	2,986	725,6801	37,85348
70	701	739,5	739,5	726,6667	2,513	725,9678	31,86147
80	695,5	739,5	739,5	724,8333	2,682667	724,039	33,92529
90	690,5	729	739,5	719,6667	2,929	718,7265	36,77384
100	690,5	729	739,5	719,6667	2,76	718,8319	34,65372
200	685	697,5	708	696,8333	2,756667	696,027	33,51375
300	680	697,5	708	695,1667	1,880667	694,7922	22,81393
400	680	676	697,5	684,5	3,506	683,2189	41,85927
500	680	676	697,5	684,5	3,289667	683,3721	39,27933
600	674,5	676	687	679,1667	2,21	678,6615	26,19017
700	674,5	676	687	679,1667	2,529	678,5052	29,96826
800	674,5	676	687	679,1667	2,754667	678,3819	32,6404
900	674,5	676	676	675,5	2,735667	674,7302	32,24043
1000	674,5	676	665,5	672	2,004	671,589	23,49935
2000	669,5	665,5	665,5	666,8333	2,285	666,3031	26,58678
3000	669,5	665,5	665,5	666,8333	2,252333	666,3182	26,20689
4000	669,5	655	665,5	663,3333	2,695667	662,5993	31,19717
5000	664	655	665,5	661,5	2,502667	660,8691	28,88498
6000	664	655	665,5	661,5	2,352333	660,9426	27,15089
7000	664	655	665,5	661,5	3,175333	660,4844	36,64158
8000	664	655	648	655,6667	3,133667	654,6863	35,84237
9000	664	655	648	655,6667	2,790667	654,8891	31,92249
10000	664	655	648	655,6667	4,346667	653,7808	49,69356
20000	653,5	655	637,5	648,6667	7,003667	643,8265	79,09378

30000	637,5	627	627	630,5	10,07133	620,7845	110,2581
40000	627	616,5	616,5	620	13,46	602,9702	144,3152
50000	616,5	606	595,5	606	16,08333	582,281	167,8833
60000	601	595,5	585	593,8333	18,61333	562,7724	189,5396
70000	585	585	564	578	21,46667	537,9045	211,5248
80000	569	564	553,5	562,1667	25,65	506,768	243,3465
90000	553,5	553,5	537,5	548,1667	27,31	487,0665	251,5014
100000	537,5	537,5	521,5	532,1667	28,76667	466,4903	256,1019
200000	411,05	411,05	390	404,0333	42,77333	296,5791	274,3789
300000	337,3	342,55	321,5	333,7833	45,61333	233,4805	238,5334
400000	284,6	295,15	284,6	288,1167	48,46	191,0625	215,6533
500000	258,25	268,8	247,7	258,25	61,88667	121,6918	227,781
600000	247,7	252,95	242,45	247,7	58,31667	130,098	210,7838
700000	247,7	258,25	247,7	251,2167	63,64667	111,5165	225,1086
800000	55,3	55,3	52,7	54,43333	45,69	38,02387	38,95091
900000	60,6	63,2	60,6	61,46667	33,08	51,50349	33,54909
1000000	92,2	94,85	89,55	92,2	43,81667	66,52773	63,83496

Tabel L2. 12 Konsentrasi alkohol 20%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	834,5	803	792,5	810	2,233667	809,3846	31,56972
2	845,5	803	792,5	813,6667	2,750333	812,7294	39,04293
3	845,5	792,5	782	806,6667	3,280667	805,3447	46,16324
4	845,5	792,5	782	806,6667	3,769	804,922	53,02545
5	834,5	792,5	782	803	2,069333	802,4763	28,99539
6	834,5	782	761	792,5	2,261	791,883	31,26544
7	834,5	771,5	761	789	2,232	788,4014	30,72831
8	824	771,5	761	785,5	3,019667	784,4093	41,37914
9	813,5	771,5	761	782	2,254667	781,3946	30,76482
10	813,5	771,5	761	782	2,126333	781,4616	29,01455
20	782	739,5	729	750,1667	3,504333	748,764	45,85321
30	782	739,5	718,5	746,6667	4,140667	744,7177	53,91335
40	761	729	708	732,6667	3,255	731,4847	41,60075
50	739,5	718,5	687	715	3,526	713,6465	43,97355
60	739,5	718,5	687	715	3,002667	714,0184	37,45344
70	739,5	718,5	676	711,3333	3,08	710,3058	38,22012
80	739,5	708	676	707,8333	3,033	706,8418	37,45225
90	739,5	708	687	711,5	3,075	703,4856	37,79157
100	739,5	708	687	711,5	3,193333	699,9115	39,04944
200	697,5	697,5	687	694	2,629	693,2696	31,83281
300	697,5	697,5	687	694	2,450333	693,3654	29,67082

400	697,5	697,5	687	694	2,621	693,274	31,73601
500	697,5	697,5	676	690,3333	2,183333	689,8322	26,29972
600	697,5	697,5	687	694	2,351333	693,4157	28,47273
700	697,5	697,5	687	694	2,634333	693,2666	31,89735
800	697,5	697,5	687	694	3,979667	692,3266	48,1653
900	697,5	697,5	687	694	4,044667	688,7802	48,70382
1000	697,5	697,5	687	694	3,081	689,5019	37,11277
2000	687	676	676	679,6667	3,883333	674,4479	45,78215
3000	676	676	665,5	672,5	2,539667	671,8395	29,79917
4000	676	676	665,5	672,5	3,746	671,0632	43,93676
5000	665,5	676	665,5	669	2,966	668,1038	34,6163
6000	665,5	665,5	665,5	665,5	3,273667	664,414	38,0035
7000	665,5	665,5	665,5	665,5	4,361	663,5732	50,60485
8000	655	665,5	655	658,5	5,300667	655,684	60,83366
9000	655	655	644,5	651,5	5,041667	648,9794	57,25393
10000	655	655	644,5	651,5	4,995	649,0258	56,72533
20000	634	634	623,5	630,5	9,75	621,3931	106,7749
30000	613	613	606	610,6667	15,34333	588,901	161,5839
40000	590	585	579,5	584,8333	20,12	549,1434	201,1753
50000	564	564	558,5	562,1667	23,85333	514,1484	227,3384
60000	543	543	532,5	539,5	27,30333	479,3946	247,4693
70000	516,5	521,5	506	514,6667	28,41	452,6831	244,8669
80000	500,5	500,5	484,85	495,2833	31,48	422,3888	258,6374
90000	474,3	479,6	469,05	474,3167	32,92	398,1557	257,7757
100000	453,2	458,5	447,95	453,2167	36,17667	365,8368	267,5234
200000	326,75	326,75	316,2	323,2333	44,65333	229,9392	227,1734
300000	252,95	253	247,7	251,2167	61,56667	119,6133	220,9128
400000	221,35	226,6	216,1	221,35	52,54	134,6267	175,7028
500000	205,55	205,55	200,3	203,8	67,67333	77,42092	188,5217
600000	195	200,25	195	196,75	65,52333	81,51798	179,0681
700000	200,25	200,3	195	198,5167	66,40667	79,45479	181,9225
800000	42,14	39,51	39,51	40,38667	46,20333	27,95166	29,15112
900000	47,415	44,775	44,775	45,655	36,61333	36,6463	27,22918
1000000	71,1	71,1	68,5	70,23333	46,32667	48,49934	50,79897

Tabel L2. 13 Konsentrasi alkohol 40%

frekuensi (Hz)	Impedansi (k $\Omega$ )			Z rata- rata (k $\Omega$ )	sudut ( $^{\circ}$ )	Z real (k $\Omega$ )	Z imajiner (k $\Omega$ )
	1	2	3				
1	834,5	834,5	856	841,6667	4,2195	839,3853	61,92783
2	845,5	834,5	856	845,3333	2,6325	844,4412	38,82585
3	845,5	845,5	856	849	2,517	848,1809	37,28452
4	845,5	834,5	856	845,3333	2,262	844,6746	33,36454
5	834,5	834,5	856	841,6667	2,809	840,6554	41,24727
6	834,5	834,5	845,5	838,1667	1,754	837,7739	25,65485
7	824	834,5	856	838,1667	3,37	836,7173	49,27053
8	824	834,5	845,5	834,6667	2,1095	834,101	30,72358
9	824	834,5	845,5	834,6667	2,3595	833,959	34,36273
10	824	824	834,5	827,5	2,165	826,9093	31,26079
20	792,5	792,5	803	796	4,497	793,5495	62,41189
30	771,5	771,5	782	775	6,192	770,4787	83,59192
40	761	761	771,5	764,5	6,383	759,7608	84,99258
50	750	761	761	757,3333	5,798	753,459	76,507
60	750	761	771,5	760,8333	5,701	757,0701	75,57899
70	750	750	750	750	4,752	747,422	62,13225
80	739,5	750	750	746,5	4,0595	744,6271	52,84651
90	739,5	750	750	746,5	3,648	744,9874	47,49726
100	729	750	750	743	3,746	741,4126	48,54276
200	718,5	729	729	725,5	2,503333	724,8076	31,68803
300	718,5	718,5	718,5	718,5	4,497667	716,2874	56,34369
400	718,5	718,5	718,5	718,5	3,133667	717,4256	39,27719
500	708	708	718,5	711,5	4,062333	709,7124	50,40387
600	708	708	718,5	711,5	3,651667	710,0554	45,31577
700	708	697,5	718,5	708	4,170333	706,1254	51,48703
800	708	697,5	708	704,5	3,378	703,2759	41,5113
900	708	697,5	708	704,5	2,872667	703,6147	35,30707
1000	687	676	697,5	686,8333	3,490333	699,6997	42,67698
2000	687	676	697,5	686,8333	3,996	685,1636	47,86324
3000	665,5	676	676	672,5	4,146667	670,7395	48,62836
4000	665,5	676	676	672,5	18,711	636,9575	215,7345
5000	665,5	676	676	672,5	6,665667	667,9542	78,06083
6000	665,5	665,5	665,5	665,5	6,610667	661,0753	76,61375
7000	665,5	655	655	658,5	9,047	650,3081	103,5456
8000	655	655	655	655	9,725	645,5876	110,6422
9000	644,5	655	655	651,5	10,84267	639,8691	122,5555
10000	602	602	644,5	616,1667	10,27267	634,1688	114,9355
20000	602	591,5	602	598,5	20,30667	561,3024	207,7063
30000	543	543	543	543	27,39667	482,0983	249,8604

40000	495,4	495,4	490,15	493,65	34,43	407,1712	279,1092
50000	453,25	447,95	447,95	449,7167	36,22667	362,7798	265,7741
60000	416,35	416,35	411,05	414,5833	40,63333	314,6242	269,9832
70000	379,45	384,7	374,2	379,45	44,58	270,2713	266,3376
80000	358,4	353,1	353,1	354,8667	43,84333	255,9428	245,8122
90000	332	332,05	332,05	332,0333	46,90667	226,8415	242,4646
100000	316,2	310,95	310,95	312,7	50,18333	200,2322	240,184
200000	210,8	210,8	205,55	209,05	62,33333	97,06753	185,148
300000	158,1	158,1	163,4	159,8667	62,70667	73,30625	142,0688
400000	147,6	142,3	142,3	144,0667	56,92	78,63296	120,7148
500000	126,5	126,5	121,2	124,7333	81,14333	19,20434	123,2461
600000	121,2	115,95	121,2	119,45	70,33333	40,2006	112,4821
700000	115,95	121,2	115,95	117,7	77,87333	24,72567	115,0736
800000	23,705	23,705	23,705	23,705	53,31333	14,16228	19,00939
900000	28,975	26,335	28,975	28,095	41,35333	21,0895	18,56239
1000000	39,51	42,145	39,515	40,39	47,78333	27,1395	29,9132

Tabel L2. 14 Konsentrasi alkohol 60%

frekuensi (Hz)	Impedansi (k $\Omega$ )			Z rata-rata (k $\Omega$ )	sudut ( $o$ )	Z real (k $\Omega$ )	Z imajiner (k $\Omega$ )
	1	2	3				
1	845,5	845,5	875	855,3333	3,869667	853,3833	57,72396
2	845,5	845,5	856	849	3,671333	847,2577	54,36403
3	845,5	845,5	856	849	3,732667	847,199	55,27096
4	834,5	845,5	845,5	841,8333	2,808667	840,8221	41,25055
5	834,5	845,5	845,5	841,8333	2,119	841,2577	31,12687
6	824	824	845,5	831,1667	2,401667	830,4366	34,8298
7	824	824	834,5	827,5	4,023333	825,4607	58,05965
8	813,5	824	834,5	824	3,411	822,5402	49,02637
9	813,5	813,5	824	817	4,957667	813,9435	70,60487
10	792,5	813,5	824	810	4,263667	807,7583	60,22055
20	760,5	771,5	782	771,3333	4,497667	768,958	60,4868
30	739,5	750	771,5	753,6667	5,151	750,623	67,66484
40	729	739,5	761	743,1667	5,529	739,7091	71,60378
50	729	739,5	750	739,5	5,620333	735,945	72,42373
60	718,5	739,5	750	736	4,994667	733,2053	64,07838
70	718,5	739,5	739,5	732,5	4,613	730,1272	58,91137
80	718,5	739,5	739,5	732,5	4,296333	730,4416	54,87517
90	718,5	739,5	739,5	732,5	4,513333	730,2286	57,64122
100	718,5	729	739,5	729	4,526333	726,7264	57,53069
200	708	718,5	718,5	715	3,490667	713,6735	43,53345
300	697,5	718,5	718,5	711,5	3,754667	709,9728	46,59215
400	687	708	718,5	704,5	3,255	703,3634	40,00145

500	687	708	697,5	697,5	3,595	696,1275	43,73564
600	687	708	697,5	697,5	4,879667	694,9719	59,33167
700	687	687	697,5	690,5	6,341333	686,2752	76,26664
800	687	697,5	697,5	694	5,259333	691,0783	63,6147
900	687	687	687	687	3,952333	688,8578	47,59377
1000	676	665,5	676	672,5	4,388	688,476	52,8303
2000	676	665,5	676	672,5	5,010667	680,7219	59,68315
3000	665,5	665,5	676	669	5,816667	665,5555	67,80027
4000	655	665,5	665,5	662	7,489667	656,3521	86,28997
5000	655	665,5	655	658,5	7,981	652,1219	91,42924
6000	655	655	655	655	10,36	644,3217	117,7902
7000	634	644,5	655	644,5	11,2	632,2256	125,184
8000	634	644,5	644,5	641	13,20667	624,047	146,4455
9000	634	644,5	634	637,5	14,42667	617,3979	158,8272
10000	602	602	553,5	585,8333	15,26	615,0226	167,7897
20000	548	553,5	553,5	551,6667	25,77333	496,7876	239,8713
30000	484,85	490,1	484,85	486,6	35,78	394,763	284,5026
40000	426,9	432,15	432,15	430,4	38,53	336,6942	268,1066
50000	379,45	384,7	384,7	382,95	40,72667	290,2113	249,8562
60000	342,55	347,85	321,5	337,3	43,46	244,8308	232,0111
70000	316,2	316,2	321,5	317,9667	47,35667	215,401	233,8915
80000	289,9	295,15	295,15	293,4	52,32	179,341	232,2076
90000	268,8	274,05	279,35	274,0667	51,15	171,9175	213,4406
100000	252,95	258,25	258,25	256,4833	51,09	161,0969	199,5783
200000	168,65	168,65	173,9	170,4	68,3	63,00485	158,3242
300000	126,5	131,75	137,05	131,7667	63,20333	59,40379	117,6165
400000	110,7	115,95	110,65	112,4333	62,93333	51,16019	100,1194
500000	94,85	97,45	97,45	96,58333	87,2	4,718074	96,46803
600000	89,6	89,55	92,2	90,45	75,44333	22,73347	87,54651
700000	89,6	89,6	94,85	91,35	79,40333	16,79873	89,79212
800000	21,07	21,075	21,07	21,07167	59,73333	10,62065	18,19937
900000	18,43	23,705	21,07	21,06833	38,42333	16,50578	13,09327
1000000	28,975	31,61	34,24	31,60833	46,25	21,85758	22,83272

Tabel L2. 15 Konsentrasi alkohol 80%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata- rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	834,5	875	848,5	852,6667	2,815667	851,6373	41,88544
2	803	813,5	848,5	821,6667	2,569333	820,8407	36,83392
3	782	782	792,5	785,5	4,302	783,2869	58,92313
4	760,5	760,5	782	767,6667	6,271667	763,0723	83,86204
5	750	750	760,5	753,5	5,927	749,472	77,80737
6	729	739,5	760,5	743	7,742333	736,2268	100,0957
7	729	739,5	750	739,5	8,063	732,1896	103,7237
8	718,5	729	739,5	729	6,867333	723,7699	87,16712
9	718,5	729	739,5	729	6,209667	724,7228	78,8538
10	708	718,5	739,5	722	5,775	718,3356	72,64922
20	687	697,5	708	697,5	4,625	695,2288	56,24211
30	676	687	697,5	686,8333	4,888	684,3354	58,52386
40	676	676	697,5	683,1667	3,957333	681,5378	47,14779
50	665,5	676	697,5	679,6667	2,883333	678,8062	34,18888
60	665,5	676	687	676,1667	3,688	674,7664	43,49327
70	665,5	665,5	687	672,6667	3,443667	671,4521	40,40516
80	665,5	665,5	687	672,6667	3,659333	671,2952	42,93228
90	665,5	665,5	687	672,6667	4,15	670,9029	48,67944
100	665,5	665,5	687	672,6667	3,268667	671,5723	38,35415
200	655	655	676	662	3,523333	660,7487	40,68322
300	655	655	665,5	658,5	3,467	657,2948	39,8219
400	655	655	665,5	658,5	3,762333	657,0808	43,2094
500	655	655	655	655	2,656	654,2964	30,35227
600	644,5	655	655	651,5	3,194	650,488	36,29959
700	644,5	644,5	655	648	4,923667	645,6088	55,61685
800	634	644,5	655	644,5	3,702333	643,1549	41,61726
900	634	644,5	655	644,5	3,157667	643,5215	35,5015
1000	634	644,5	655	644,5	4,513333	642,5014	50,71641
2000	634	623,5	634	630,5	8,084	624,2347	88,66391
3000	613	623,5	623,5	620	10,27133	610,0641	110,5522
4000	591,5	602	613	602,1667	15,2	581,1008	157,8816
5000	574,5	581	585	580,1667	18,49	550,2179	183,9936
6000	564	581	574,5	573,1667	18,67333	542,9948	183,512
7000	548	553,5	558,5	553,3333	22,48667	511,2626	211,6325
8000	532,5	532,5	543	536	25,59	483,4226	231,5136
9000	516,5	521,5	521,5	519,8333	28,21333	458,0737	245,7542
10000	500,5	500,5	511	504	30,13333	435,8892	253,015
20000	374,2	368,95	379,45	374,2	42,55667	275,639	253,0786
30000	295,15	300,4	300,4	298,65	47,72667	200,8924	220,9843

40000	253	247,7	258,25	252,9833	51,58	157,2092	198,2065
50000	221,35	216,05	221,35	219,5833	54,65667	127,0234	179,1142
60000	200,25	195	200,3	198,5167	54,23333	116,0302	161,0772
70000	179,2	179,2	179,2	179,2	57,77333	95,56199	151,5934
80000	163,35	163,4	168,65	165,1333	58,07333	87,32802	140,1529
90000	152,85	147,55	158,1	152,8333	60	76,41667	132,3575
100000	147,6	142,3	147,55	145,8167	62,08667	68,26195	128,8519
200000	86,9	86,9	89,55	87,78333	70,31	29,57692	82,65059
300000	65,85	63,2	65,85	64,96667	72,23333	19,82401	61,86822
400000	52,7	52,7	55,3	53,56667	65,69	22,05197	48,81699
500000	47,415	44,785	44,785	45,66167	87,97333	1,614808	45,6331
600000	42,14	39,51	44,785	42,145	77,11667	9,396926	41,08405
700000	42,145	39,51	42,145	41,26667	76,27667	9,789847	40,08861
800000	10,535	10,54	13,165	11,41333	56,98667	6,218374	9,57058
900000	13,17	13,165	10,535	12,29	25,91667	11,054	5,37151
1000000	15,8	15,8	18,44	16,68	43,66	12,06713	11,5155

Tabel L2. 16 Konsentrasi alkohol 100%

frekuensi (Hz)	Impedansi (kΩ)			Z rata-rata (kΩ)	sudut (o)	Z real (kΩ)	Z imajiner (kΩ)
	1	2	3				
1	194,9	192,3	189,65	192,2833	2,266667	192,1329	7,604898
2	208,1	184,45	189,65	194,0667	4,243	193,5348	14,35834
3	210,7	184,35	192,3	195,7833	5,582333	194,8548	19,04502
4	210,7	181,75	187	193,15	6,133667	192,0443	20,63775
5	213,35	181,75	189,65	194,9167	6,233	193,7644	21,16248
6	221,25	184,35	192,25	199,2833	9,792333	196,3799	33,89364
7	221,25	181,75	192,25	198,4167	11,81467	194,2132	40,62514
8	223,9	187	192,25	201,05	13,04667	195,8602	45,38595
9	223,9	187	192,25	201,05	18,99333	190,1041	65,43336
10	216	179,1	192,25	195,7833	16,74667	187,4798	56,41312
20	218,6	181,75	189,65	196,6667	17,44	187,6262	58,94236
30	218,6	184,35	192,25	198,4	12,19333	193,9242	41,90428
40	218,6	187	194,9	200,1667	16,00667	192,4061	55,1958
50	194,9	189,65	189,65	191,4	10,93667	187,9237	36,31314
60	221,25	192,25	197,55	203,6833	12,76333	198,6505	44,99862
70	221,25	189,65	202,8	204,5667	10,144	201,3689	36,02884
80	223,9	192,25	208,1	208,0833	10,72133	204,4509	38,71026
90	223,9	192,25	205,45	207,2	12,91933	201,9549	46,32557
100	218,6	184,35	194,9	199,2833	13,33667	193,909	45,96918
200	213,35	184,35	200,2	199,3	15,43667	192,1103	53,04829
300	205,45	181,75	197,55	194,9167	22,37667	180,2397	74,20357
400	189,65	176,45	192,3	186,1333	27,57667	164,9871	86,16765



500	184,35	168,55	184,35	179,0833	32,27333	151,4168	95,62314
600	173,85	160,65	176,45	170,3167	36,48333	136,9397	101,2684
700	165,95	152,75	165,95	161,55	40,88667	122,1327	105,745
800	160,65	147,5	160,65	156,2667	43,87667	112,6422	108,3097
900	155,4	139,6	155,4	150,1333	47,75333	100,9382	111,1373
1000	147,5	134,3	147,5	143,1	49,89333	92,18683	109,4495
2000	94,5	72,2	108	91,56667	63,90333	40,27898	82,23174
3000	73,75	80,6	88,95	81,1	65,18	34,04326	73,60887
4000	55,3	63,85	64,9	61,35	67,18667	23,78724	56,55077
5000	55,3	51,3	62,8	56,46667	70,76667	18,60102	53,31497
6000	57,95	64,9	74,3	65,71667	69,77	22,72414	61,66274
7000	44,785	48,15	69,1	54,01167	65,60333	22,3096	49,18884
8000	39,51	51,3	71,2	54,00333	65,41333	22,46912	49,10701
9000	39,51	42,915	50,25	44,225	65,05333	18,65298	40,09884
10000	50,05	53,4	23,03	42,16	66,15333	17,04488	38,56083
20000	44,775	12,56	12,56	23,29833	53,55333	13,84094	18,74142
30000	39,51	14,655	17,795	23,98667	46,5	16,51133	17,39931
40000	15,7	13,605	15,7	15,00167	42,68	11,02849	10,16968
50000	17,795	12,56	11,515	13,95667	39,49333	10,77034	8,876279
60000	13,605	10,465	8,89	10,98667	31,38667	9,37901	5,721977
70000	13,605	7,33	12,56	11,165	29,51333	9,716242	5,50017
80000	9,42	7,325	10,465	9,07	25,08333	8,214628	3,845099
90000	9,42	7,325	7,33	8,025	24,78333	7,285893	3,363984
100000	14,655	6,28	7,325	9,42	23,6	8,632137	3,771288
200000	8,37	9,42	6,805	8,198333	10,32633	8,065543	1,469587
300000	7,325	9,42	7,33	8,025	5,724333	7,984982	0,800432
400000	7,325	6,28	7,325	6,976667	5,258	6,94731	0,639346
500000	6,28	7,325	7,325	6,976667	8,450667	6,900919	1,025275
600000	7,325	6,28	8,375	7,326667	5,977667	7,286828	0,763005
700000	7,33	8,375	7,325	7,676667	5,242333	7,644556	0,701405
800000	4,186	4,186	3,6635	4,011833	9,87	3,952455	0,687681
900000	4,186	4,186	4,186	4,186	15,04	4,042608	1,086239
1000000	0,523	4,186	5,235	3,314667	26,83667	2,957667	1,496402